

PENCITRAAN PENYAKIT METABOLIK TULANG DENGAN MODALITAS KEDOKTERAN NUKLIR

Sri Puspa Handayani, Erwin Affandi Soeriadi

Universitas Padjadjaran (UNPAD) Bandung Jawa barat, Indonesia

Email: drsph24@gmail.com, r.erwin@unpad.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
Diterima 5 Juli 2021 Direvisi 15 Juli 2021 Disetujui 25 Juli 2021	Penyakit metabolik tulang merupakan kelompok kelainan yang berkaitan dengan adanya gangguan pada perubahan kadar kalsium dan homeostasis fosfor, sering terjadi namun sulit dibedakan berdasarkan riwayat, pemeriksaan fisik dan studi pencitraan. Osteoporosis merupakan salah satu yang sering terjadi, dimana sering terjadi pada wanita memiliki resiko osteoporosis lebih tinggi (21,7%) dibandingkan laki-laki (14,8%). Secara klinis, penyakit tulang metabolik sering ditemukan pada pasien dengan fraktur yang merupakan komplikasi utama penyakit ini. Modalitas yang digunakan antara lain radiografi polos atau bahkan dengan <i>Computed Tomography</i> (CT) dan <i>Magnetic Resonance Imaging</i> (MRI), namun saat ini <i>bone scan</i> (sidik tulang) merupakan pemeriksaan yang dapat digunakan untuk mendeteksi, merupakan teknik pencitraan yang berkemampuan resolusi tinggi dalam waktu yang singkat (akuisisi seluruh tubuh atau bagian tertentu dari tulang), dosis relatif rendah, sensitivitas dan spesifisitas untuk mendeteksi lesi sebagai hasil data tomografi dan menjadi pilihan dalam pemeriksaan yang rutin pada Kedokteran Nuklir. Pada artikel ini, akan dijelaskan secara menyeluruh manifestasi beragam berupa kekhasan gambaran <i>uptake</i> penyakit metabolik pada tulang menggunakan pemeriksaan <i>bone scan</i> (sidik tulang) dengan menggunakan metode studi kepustakaan atau <i>literature review</i> serta melakukan inklusi artikel dan review artikel. Artikel tersebut dapat berupa penelitian, <i>systematic review</i> maupun <i>case-report</i> . Tempat dilakukan penelitian dari artikel tersebut semua berasal dari luar negeri, di benua Asia, Eropa, dan Amerika.
Kata Kunci: penyakit metabolik tulang; pencitraan sidik tulang	
	ABSTRACT <i>Metabolic bone disease is a group of disorders associated with disturbances in changes in calcium levels and phosphorus homeostasis, which occur frequently but are difficult to distinguish based on history, physical examination and imaging studies. Osteoporosis is one that often occurs, which often occurs in women who have a higher risk of osteoporosis (21.7%) than men (14.8%). Clinically, metabolic bone disease is often found in patients with fractures which are the main complications of this disease. The modalities used include plain radiography or even computed tomography (CT) and Magnetic Resonance Imaging (MRI), but currently Bone scan (bone fingerprint) is an examination that can be used to detect, is an imaging technique capable of high resolution in a long time. short (acquisition of whole body or specific parts of bone), relatively low dose, sensitivity and specificity for detecting lesions as a</i>

result of tomographic data and is an option in routine examinations in Nuclear Medicine. In this article, we will thoroughly explain the various manifestations in the form of peculiarities of the uptake picture of metabolic disease in bone using bone scan (bone fingerprint) examination using the literature study method or literature review as well as conducting article inclusion and article review. These articles can be in the form of research, systematic reviews or case reports. The places where the research was carried out from these articles all came from abroad, on the continents of Asia, Europe, and America.

Keywords:

metabolic bone disease; bone scan

Pendahuluan

Penyakit metabolik tulang merupakan kelompok kelainan yang berkaitan dengan adanya gangguan pada perubahan kadar kalsium dan homeostasis fosfor (Ryan & Fogelman, 1997). Meskipun pada umumnya sering terjadi, namun sulit dibedakan berdasarkan riwayat, pemeriksaan fisik dan studi pencitraan. Osteoporosis merupakan salah satu yang sering terjadi, dimana sering terjadi pada wanita memiliki resiko osteoporosis lebih tinggi yaitu 21,7%, dibandingkan dengan laki-laki yang hanya berisiko terkena osteoporosis sebanyak 14,8 % (Depkes, 2010). Menurut penelitian di Indonesia, prevalensi osteoporosis untuk umur kurang dari 70 tahun wanita sebanyak 18-36%, sedangkan pria 20-27%, untuk umur di atas 70 tahun wanita 53,6%, pria 38%. Lebih dari 50% keretakan osteoporosis pinggang di seluruh dunia kemungkinan terjadi di Asia pada tahun 2050 (Organization, 2018). Mereka yang terserang rata-rata berusia diatas 50 tahun. Satu dari tiga perempuan dan satu dari lima pria di Indonesia terserang osteoporosis atau keretakan tulang. Dua dari lima orang Indonesia memiliki resiko terkena penyakit osteoporosis. Jumlah penderita osteoporosis di Indonesia jauh lebih besar dari data terakhir Departemen Kesehatan yang mematok angka 19,7% dari seluruh penduduk dengan alasan perokok di negeri ini urutan ke-2 dunia setelah Cina (Rachman, 2010). Umumnya penderita datang dengan fraktur yang merupakan komplikasi utama. Keluhan

klinis tidak spesifik. Modalitas yang digunakan antara lain radiografi polos atau bahkan dengan *Computed Tomography* (CT) dan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), namun saat ini *bone scan* (sidik tulang) merupakan pemeriksaan yang dapat digunakan untuk mendeteksi, dimana kamera gamma merupakan teknik pencitraan yang berkemampuan resolusi tinggi dalam waktu yang singkat (akuisisi seluruh tubuh atau bagian tertentu dari tulang), menggunakan dosis relatif rendah, menunjukkan sensitivitas dan spesifisitas untuk mendeteksi lesi sebagai hasil data tomografi dan menjadi pilihan dalam pemeriksaan yang rutin pada Kedokteran Nuklir (RI, 2016). Pada artikel ini, akan dijelaskan secara menyeluruh manifestasi beragam berupa kekhasan gambaran *uptake* penyakit metabolik pada tulang menggunakan pemeriksaan *bone scan* (sidik tulang). Artikel ini bertujuan untuk memberikan tinjauan secara menyeluruh dan dengan singkat mengenai lebih banyak lagi dari penyakit ini (Ryan & Fogelman, 1997). Adapun proses patologis yang terjadi disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain hiperkalsium (*hiperparatiroidisme dan familial sindrom*), hipokalsium (*hipoparatiroidisme, PHP/Albright's, renal osteodistropia, rickets/osteomalacia*), *osteodense* (*paget's disease, osteopetrosis*), *osteopenia* (*osteoporosis, scurvy*).

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dengan menggunakan metode studi

kepastakaan atau *literature review*. Jenis *literature review* yang digunakan adalah metode *narrative review*. Kami mencari artikel yang relevan dengan materi dari Pubmed dengan artikel berbahasa inggris. Kami menggunakan kata kunci seperti: *metabolic bone disease, bone scan*.

Kami melakukan inklusi artikel dan review artikel, kemudian mengeksklusi artikel *non-english*. Semua artikel dianalisis untuk didiskusikan materi-materi mengenai penyakit metabolik tulang serta modalitas yang digunakan dalam menegakkan diagnosa serta peranan pemeriksaan kedokteran nuklir pada penyakit metabolik tulang.

Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Penelitian

Berdasarkan artikel-artikel yang berkaitan dengan penyakit metabolik tulang pada pemeriksaan kedokteran nuklir. Artikel tersebut dapat berupa penelitian, *systematic review* maupun *case-report*. Tempat dilakukan penelitian dari artikel tersebut semua berasal dari luar negeri, di benua Asia, Eropa, dan Amerika.

B. Pembahasan

1. Penyakit Metabolik Pada Tulang

Penyakit metabolik pada tulang merupakan gambaran sejumlah gangguan yang biasanya menunjukkan keterlibatan baik umum atau fokal pada tulang sebagai akibat dari gangguan metabolisme mineral (Risksedas, 2013).

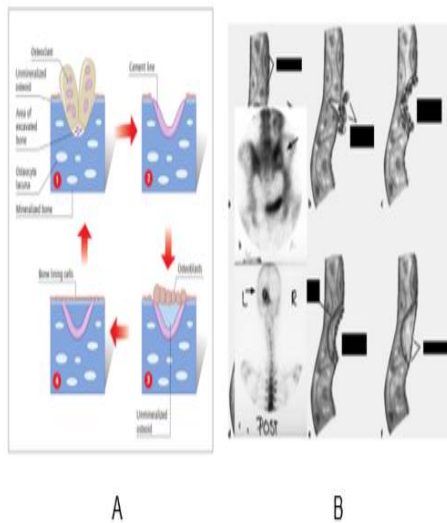
Adapun proses patologis yang terjadi pada penyakit metabolik pada tulang disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain hiperkalsium (*hiperparatiroidisme* dan familial sindrom), hipokalsium (*hipoparatiroidisme, PHP/Albright's, renal osteodistropia, rickets/osteomalacia, osteodense (paget's disease, osteopetrosis),*

osteopenia (osteoporosis, scurvy). (Ryan & Fogelman, 1997)

Sel-sel tulang terdiri dari osteoblas, osteosit dan osteoklas. Osteoblas bertanggung jawab dalam pembentukan tulang. Fungsi osteosit masih belum jelas, dan diduga berperan dalam resorpsi tulang dan *transport* ion kalsium, di bawah pengaruh hormon paratiroid. Os1 `eoklas merupakan mediator utama dalam proses resoprsi tulang. Vaskularisasi dibentuk oleh *a.nutricia* dan arahnya menjauhi *'the growing end'* (cited 2007 Apr 14).

Tulang terdiri dari matriks ekstraselular dan seluler. Struktur matriks ekstraselular dipertahankan sepanjang hidup secara remodeling terus menerus oleh matriks seluler. Sebagian besar tulang tersusun oleh matriks kolagen yang mengandung garam-garam mineral dan sel-sel tulang. Dalam matriks terdapat pula sebagian kecil protein non-kolagen yang berbentuk proteoglikan dan protein spesifik pada tulang yaitu osteonektin yang berfungsi dalam mineralisasi tulang serta osteokalsin. Mineral tulang terdiri dari hidroksiapatit dalam bentuk kristal dan kalsium fosfat (Favus, 2010; Klippel, 1997).

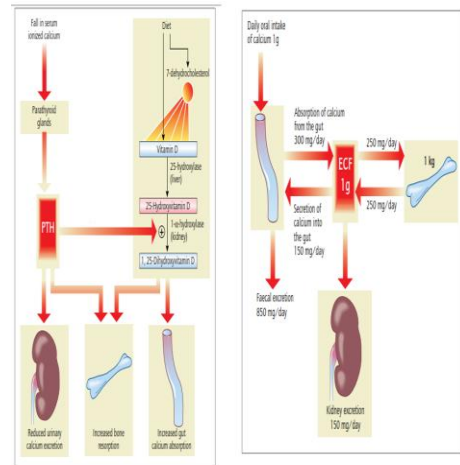
Mekanisme pengaturan modeling dan remodeling tidak jelas, tapi respon lokal terhadap rangsangan mekanik dianggap memiliki peran utama. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1
Memperlihatkan contoh lain proses remodeling microfraktur pada trabekular dimana proses osteoklas dan osteblas berperan pada mekanisme ini (A dan B)

Penyakit metabolik pada tulang umumnya terjadi karena adanya gangguan hormon dan juga dapat disebabkan karena ketidakseimbangan mineral seperti kalsium.

Keseimbangan kalsium banyak proses intraseluler yang tergantung pada konsentrasi kalsium ekstraseluler terionisasi. Pola makan orang rata-rata mengandung 0,5-1,0 gr kalsium / hari; 20-40% diserap melalui ginjal dan usus (Gambar.2). Namun, jika asupan kalsium berkurang, mekanisme homeostatik yang memengaruhi tulang meliputi hormone paratiroid, vitamin D dan faktor lainnya.



Gambar 2
Kesimbangan Metabolisme Kalsium Dan Pengaturan Metabolisme Kalsium Oleh Hormone Paratiroid Dan Vitamin D. Dalam Tubuh

Penyakit metabolik pada tulang merupakan sejumlah gangguan yang terjadi pada tulang, baik yang mengenai secara umum atau fokal pada tulang yang disebabkan akibat dari gangguan metabolisme mineral.

Dari gangguan metabolisme mineral tersebut maka penyakit metabolik tulang dapat dibedakan menjadi 4 yang terdiri dari:

- 1) Hiperkalsemia
 - a. Hiperparatiroidisme.
Hiperparatiroidisme didefinisikan sebagai peningkatan sekresi PTH (*Paratiroid hormon*) dari kelenjar paratiroid, bentuk yang paling umum dari hipertiroidisme primer adalah gangguan yang ditandai adanya hiperkalsemia kronis.

- b. Familial Syndrom.
Familial Syndrom merupakan bagian dari hiperparatiroid primer, yang disebabkan karena *Multiple Endocrine Neoplasia* (MEN) terdiri dari Type I dan Type II, Adenoma Pitutari, dan

hiperkalsemia. Secara klinis biasanya ditandai adanya *kidney stone* dan *hiperreflexi*.

2) Hipokalsemia

a. Hipoparatiroidisme

Hipoparatiroidisme merupakan penurunan produksi hormon paratiroid atau tidak adanya hormon paratiroid, dengan klinis ditandai adanya infeksi jamur pada kuku, rambut rontok, hilangnya pigmen kulit (*vitiligo*), iatrogenik hipoparatiroidisme akibat tiroidektomi.

b. PHP/ *Albright's (pseudohipoparatiroidisme)*

Pseudohypoparathyroidism merupakan kelainan bawaan, yang ditandai dengan kadar kalsium serum yang rendah, kadar fosfat serum tinggi dan kadar PTH yang tinggi (*resistensi paratiroid*).

c. Renal osteodistrofia

Renal *Osteodystrophy* merupakan komplikasi yang terjadi pada stadium dini, pada pasien dengan gangguan fungsi ginjal. Gejala klinik osteodistrofi ginjal beragam dan sangat mengganggu pasien seperti nyeri tulang, periartrosis, nyeri sendi, fraktur dan deformitas tulang, kista tulang, osteopenia, miopati, pruritus, kalsifikasi ekstraskeletal, ruptur tendon dan gagal tumbuh pada anak.

d. Riketsia / *Osteomalacia*

Rickets adalah suatu istilah untuk suatu keadaan di mana terjadi gangguan mineralisasi pada epifisis pertumbuhan yang mengakibatkan deformitas dan gangguan pertumbuhan dari tulang panjang.

Kerapuhan tulang merupakan akibat dari penurunan asupan vitamin D atau efek samping gagal ginjal. Penyebab utama terjadinya omalasia adalah kurangnya asupan vitamin D, fosfat, dan kalsium yang merupakan zat utama yang mendukung kepadatan tulang.

3) Osteodense (kelainan densitas pada tulang):

a. *Paget's disease*

Merupakan suatu penyakit metabolisme pada tulang yang ditandai dengan penebalan dan pembesaran tulang, kerapuhan tulang dan struktur dalam tulang yang tidak normal. Umumnya mengenai tulang tibia, femur, pelvis, vertebra dan tulang tengkorak, serta terdapat pada 3-5% dari populasi penduduk yang berumur di atas 40 tahun.

b. Osteopetrosis

Osteopetrosis adalah suatu penyakit herediter yang terjadi karena mineralisasi tulang yang berlebihan sehingga tulang menjadi lebih tebal dari pada normal. Osteopetrosis ditandai oleh berlebuhnya jaringan tulang akibat gangguan osteoklas dalam meresorpsi tulang. (Higuchi et al., 1998) Pada osteopetrosis, nervus optikus dan auditorius terhimpit oleh jaringan tulang mengakibatkan hilangnya penglihatan dan pendengaran (Fried & Watkinson, 1990) Ancaman terbesar bila menghimpit sumsum tulang akan terjadi pansitopenia (Tseng et al., 2012). Dikenal sebagai "*marble bone disease*" dalam kelompok penyakit pada anak-anak dimana terdapat peningkatan ketebalan

tulang skeletal dan lebih rapuh dibandingkan tulang yang normal (Tseng et al., 2012).

4) Osteopenia

a. Osteoporosis

Osteoporosis merupakan satu penyakit metabolik tulang yang ditandai oleh menurunnya masa tulang, oleh karena berkurangnya matriks dan mineral tulang disertai dengan kerusakan mikro arsitektur dari jaringan tulang, sehingga tulang cenderung mudah patah (Khamoui et al., 2011).

b. Scurvy

Scurvy adalah gangguan nutrisi yang disebabkan oleh defisiensi vitamin C yang menyebabkan kegagalan sintesis kolagen dan pembentukan osteoid yang mengakibatkan osteoporosis dan disertai perdarahan subperiostal dan submukous.

2. Pencitraan Penyakit Metabolik Tulang

Seperti yang telah diketahui, ada berbagai macam modalitas yang dapat digunakan dalam pemeriksaan penyakit metabolik pada tulang. Pemeriksaan kimia darah dapat mengetahui penyebab dari gangguan tulang metabolik, antara lain serum kreatinina meningkat terutama pada penyakit gagal ginjal kronis atau *multiple myeloma* dapat pula karena dehidrasi akibat poliuria pada kondisi *hiperkalsemia*, serum *calcium*, serum fosfat meningkat pada gagal ginjal kronis dan *hipoparathyroidisme* dan menurun pada *hiperparathyroidisme* primer dan sekunder dan defisiensi, malabsorpsi atau metabolisme abnormal dari vitamin D, Serum *alkaline phosphatase* meningkat pada hiperaktifitas osteoblastik, Serum

PTH (meningkat pada defisiensi, malabsorpsi atau metabolisme abnormal dari vitamin D dan pada *hyperparathyroidism primer*, sekunder, dan tertier. Sedangkan serum PTH menurun pada hipokalsemia akibat *hipoparathyroidisme*) (Klippel, 1997).

Pemeriksaan penunjang lainnya yang dilakukan antara lain foto polos dimana perubahan yg kurang spesifik bila terjadi perubahan umumnya pada *osteomalacia*, *bone densitometry* yang terdiri dari dua jenis yakni dengan basis *energy x-ray absorptiometry* (DXA) yang mengukur densitas mineral pada tulang dan dengan basis *ultrasound*, *biopsy* tulang dapat dinilai seperti abnormalitas mineralisasi osteoid, kehilangan tulang-tulang trabekula serta aktivitas osteoklas yang berlebihan namun bersifat invasif. Sistem muskuloskeletal adalah sistem organ yang dinamis, yang merespon sistemik serta tekanan lokal dan karenanya terlepas dari visualisasi anatomi, itu memerlukan evaluasi fisiologis (Corwin et al., 2018). Teknik kedokteran nuklir memberi gambaran fisiologis terperinci yang dapat memberikan informasi, yang tidak selalu dapat dicapai dari radiografi polos atau bahkan dengan *computed tomography* (CT) dan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI). Keuntungan utama pencitraan kedokteran nuklir adalah adanya perubahan fungsional yang dapat terdeteksi jauh sebelum terjadinya perubahan anatomi. Oleh karena itu, pencitraan kedokteran nuklir memungkinkan deteksi dini penyakit yang memengaruhi sistem muskuloskeletal bahkan sebelum timbul gejala klinis (Corwin et al., 2018).

3. Sidik Tulang

Sidik tulang (*bone scan*) merupakan salah satu Teknik Kedokteran Nuklir yang sering digunakan pada pencitraan muskuloskeletal dalam mendeteksi adanya perubahan fungsi yang bersifat patologis yang biasanya disebabkan oleh keganasan penyakit. Sidik tulang umumnya digunakan sebagai tes skrining untuk kasus curiga metastase tulang karena memiliki sensitivitas tinggi, biaya rendah, dan mempunyai kemampuan untuk sidik seluruh kerangka. data historis dan pengalaman klinis telah menetapkan sidik tulang sebagai standar acuan dalam mendeteksi penyakit metastasis tulang, dan kelainan pada tulang lainnya seperti infeksi tulang serta penyakit metabolisme tulang (Chairuddin et al., 2013).

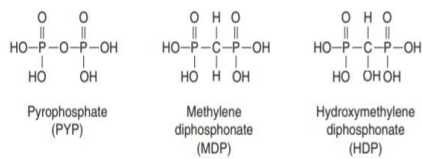
Sidik tulang menyajikan gambaran fungsional metabolisme tulang dan memiliki peran yang berharga dalam penilaian pasien dengan gangguan tulang metabolik. Namun, penampilan *bone scan* pada penyakit tulang metabolik sering non spesifik, dan tergantung dari besarnya penyerapan radiofarmaka pada seluruh tulang (Chairuddin et al., 2013).

Kelebihan yang paling penting dari sidik tulang pada penyakit metabolik yaitu sensitivitas yang tinggi dan dengan mudah mendapatkan gambaran seluruh tubuh. Saat ini, gambaran klinis utama sidik tulang pada penyakit tulang metabolik adalah deteksi kondisi vokal atau komplikasi vokal pada penyakit tersebut seperti deteksi patah tulang pada osteoporosis, pseudofraktur di osteomalacia dan evaluasi penyakit Paget.

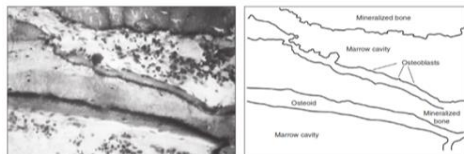
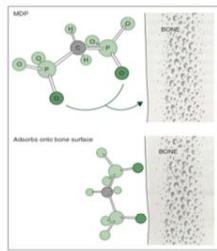
4. Radiofarmaka dan Mekanisme Biodistribusi

Syarat radiofarmaka yang digunakan pada pemeriksaan sidik tulang antara lain yaitu tidak mahal, stabil, mudah dalam penyiapannya, cepat terlokalisasi dalam tulang serta memiliki bersih *background* yang cepat pada jaringan lunak serta memberikan gambar yang baik dan memiliki karakteristik dosimetri. Beberapa radiofarmaka yang digunakan antara lain adalah Technetium ^{99m} methylene diphosphonate (^{99m}Tc-MDP), Technetium ^{99m} 1-hydroxyethylidene diphosphonate (^{99m}Tc-HEDP), Tc^{99m} hydroxymethylene diphosphonate (^{99m}Tc-HDP), dan Tc^{99m} dicarboxypropane diphosphonate (^{99m}Tc- DPD) (Tabel.1 dan tabel. 2).

Selama bertahun-tahun diphosphonates, terutama ^{99m}Tc-berlabel ^{99m}Tc-methylene diphosphonate (MDP), telah menjadi radiofarmaka yang paling banyak digunakan (Gambar 4 dan 5). Secara molekuler, phosphonate memiliki ikatan yang lebih stabil *in vivo* dari senyawa fosfat karena ikatan P-O-P dalam fosfat mudah dipecah oleh enzim fosfatase, sedangkan ikatan P-C-P dalam difosfonat tidak. Untuk alasan ini, kompleks difosfonat berlabel ^{99m}Tc umumnya digunakan untuk pencitraan sidik tulang. (Gambar. 5) Penggunaan ^{99m}Tc-MDP menunjukkan sensitivitas baik untuk patologi tulang, tapi teknik ini memiliki keterbatasan yang non-spesifik.



Gambar 4
Struktur Molekul Phospat dan Senyawa Phosphonate Yang Digunakan Pada Sidik Tulang



Gambar 5
Menunjukkan Mekanisme Penyerapan Diphosphonate Pada Tulang Mekanisme Secara Fisiologi Penangkapan Radiofarmaka Tersebut Pada Tulang

Tabel 1
Beberapa senyawa Tc99m diphosphonate

Tc99m diphosphonate	hydroxymethylene	Tc99m HDP
Tc99m diphosphonate	hydroxyethylidene	Tc99m HEDP
Tc99m diphosphonate	methylene	Tc99m MDP
Tc99m diphosphonate	dicarboxypropane	Tc99m DPD
Tc99m diphosphonate	dimethylamino	Tc99m DMAD

Tabel 2
Mekanisme Uptake Radiofarmaka Diphosphonate

1. Uptake in immature collagen
2. Uptake in hydroxyapatite
3. Uptake by enzyme receptor binding

Diperkirakan bahwa serapan diphosphonate pada tulang terutama tidak hanya tergantung pada aktivitas osteoblastik tetapi juga tergantung pada vaskularisasi tulang. Dengan demikian, gambar sidik tulang memberikan tampilan fungsional aktivitas skeletal. Seperti perubahan fungsional dalam tulang terjadi lebih awal dari perubahan struktural di sebagian besar pada keadaan patologis, sidik tulang akan mendeteksi kelainan pada tulang sebelum kelainan terlihat pada sinar-X. Setiap diphosphonate, yang tidak diserap oleh tulang, diekskresikan melalui saluran kemih, dan dalam keadaan normal ginjal jelas divisualisasikan pada *bone scan*, memang, ada banyak contoh patologi ginjal yang telah terdeteksi untuk pertama kalinya di scan tulang.

5. Gambaran uptake penyakit metabolik pada tulang

- Dalam penyakit tulang metabolik yang berat mempunyai gambaran khas pada sidik tulang dengan ^{99m}Tc -MDP:
- a. "tie sternum";
 - b. *beading of the costochondral junction*;
 - c. *reduced renal activity, faint or absent kidney images*;
 - d. *increased tracer uptake in long bones*;
 - e. *increased tracer uptake in axial skeleton*;
 - f. *increased tracer uptake in periarticular areas*;
 - g. *prominence of calvaria and mandible*;

Peningkatan serapan tracer di calvaria dan mandibula mungkin pada kesempatan menjadi sangat menonjol dan menghasilkan gambar yang mencolok yang dikenali sebagai abnormal. Peningkatan penyerapan di calvaria dan mandibula mungkin

patognomonik dari hiperparatiroidisme. Ketika ada peningkatan aviditas skeletal untuk *tracer*, gambar ginjal dapat muncul samar atau bahkan absen akibat kurang pelacak yang tersedia untuk ekskresi, dengan menghasilkan kontras tinggi antara tulang dan ginjal. Persimpangan *costochondral* mungkin menonjol, dan gambaran ini dikenal sebagai "manik-manik" atau "rosario bead". Di tulang dada, penampilan karakteristik mungkin sering terlihat, dengan peningkatan umum serapan tracer oleh manubrium dan, di perbatasan lateral tubuh. Kadang-kadang gambaran penyerapan tracer oleh sternum, hanya garis-garis horizontal "*Striped-tie*".

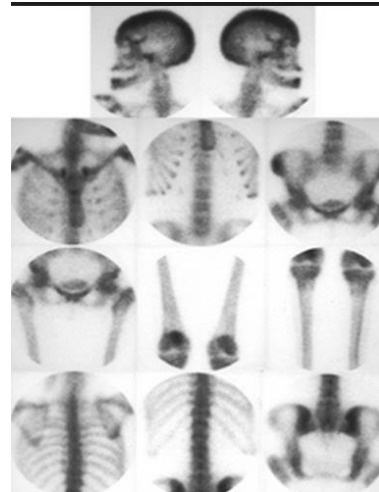
Berikut ini adalah gambaran Sidik tulang pada penyakit metabolik tulang yang telah dijelaskan di bab sebelumnya:

Microcalcification

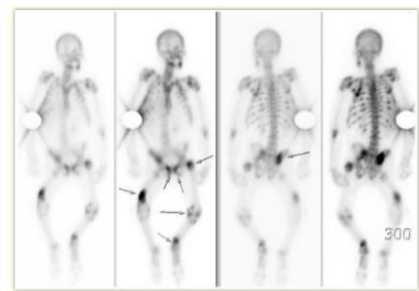


Gambar 6
Menunjukkan *Bone Scan* Pada Pasien Hiperparatiroidisme Yang Disebabkan CKD Dengan Gambaran Khas Suatu Penyakit Metabolik Tulang. Sedangkan Tangkapan Radioaktivitas Difus Pada Paru Menunjukkan Mikrokalsifikasi (Khas Adanya Hiperkalsemia)

Sy WM, smith AJ. Chronic renal dialysis. In: Sy WM editor. Gamma images in benign and metabolic bone disease. Boca Raton (FL) CRC Press 1981: 151–186.



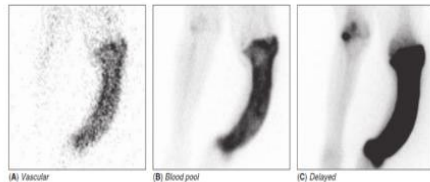
Gambar 7
Khas Bone Scan Pada Pasien Dengan Osteodistrofi Renal Adanya Gambar Super Scan (Pada Tulang Calvaria, Mandibulla, Tulang Pelvis, Area Periarticular Dan Tulang Panjang), *Tie Sternum*, *Rosary Bead* Pada Ujung Tulang Costochondral, Minimnya Atau Tidak Tampak Penangkapan Radioaktivitas Pada Ginjal Dan Vesika Urinaria x



Gambar 8
Memperlihatkan Penangkapan Radioaktivitas Yang Meningkat Pada Daerah Distal Femur Kanan, Proksimal Femur Kiri Dan Tibia Bagian Distal Menunjukkan Daerah Fraktur Yang Mengalami Perbaikan

Dan Gambaran Khas Metabolik Bone Disease Serta Multiple Fraktur Os.Costa (Gambaran Uptake Radioaktivitas Yang Meningkatkan Multiplefokal)

Vascularity of Paget's disease

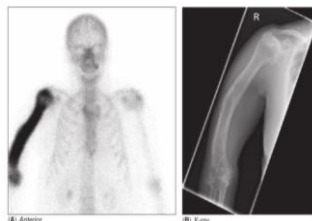


Gambar 9
Memperlihatkan Sidik Tulang Secara Dinamis (*Three Phase*) Menggunakan ^{99m}Tc -MDP Pada *Paget's Disease*.A.Fase Vaskuler. B.Fase Blood Pool. C.Fase Statik 3 Jam Pasca-Penyuntikkan.Tampak Penangkapan Radioaktivitas Yang Menetap Pada Os.Tibia Kiri



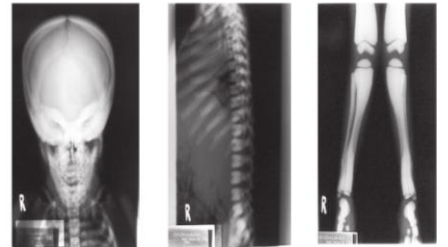
Gambar 10
Memperlihatkan Sidik Tulang Menggunakan ^{99m}Tc -MDP Pada *Peaget's Disease* Yang Melibatkan Tulang Kepala.(Coburn JW, 1991)

Monostotic Paget's disease



Gambar 11
Sidik Tulang Menggunakan ^{99m}Tc -MDP Memperlihatkan Penangkapan Radioaktivitas Yang Meningkatkan

Pada Tulang Humerus Kanan (A) Dan Pada X-Ray Juga Menunjukkan Peaget's Disease Yang Mengenai Tulang Humerus Tersebut



Gambar C: Mask sign. Gambar D: sandwich sign. Gambar E: Bone within the bones.

Gambar 12
Photo Rongent Pasien Osteopetrosis Ditandai Dengan Adanya Gambaran Mask Sign, Sandwich Sign, Bone Within The Bones (Gerritsen Et Al., 1994)

Kesimpulan

Sidik tulang memainkan peran penting dalam pengelolaan kelainan tulang, antara lain Penyakit metabolik pada tulang. Kelebihan sidik tulang dalam mendeteksi adanya gangguan fungsional sebelum terjadi perubahan anatomis dan juga bisa sebagai skrining curiga adanya metastasis pada keganasan penyakit metabolik pada tulang dengan lebih sering menggunakan radiofarmaka $\text{Tc } 99\text{m MDP}$. Gambaran sidik tulang pada penyakit ini tergantung pada aktivitas osteoblastik, vaskularisasi pada tulang dan peningkatan tangkapan radioaktivitas pada tulang. Namun, sidik tulang memiliki kemampuan melakukan pencitraan seluruh tubuh dalam waktu yang cepat walaupun pada penyakit metabolik pada tulang sering non-spesifik, dan tergantung pada tangkapan radioaktivitas seluruh tulang yang paling penting adalah sensitivitas tinggi dan kapasitas untuk menunjukkan pola diagnostik khas pada kelainan tulang.

BIBLIOGRAFI

- Chairuddin, F., Tjaronge, W., Ramli, M., & Patanduk, J. (2013). An Eksperimental Permeable Asphalt Pavement Using Local Material Domato Stone On Quality Of Porous Asphalt. *International Conference On Engineering And Technology Development (Icetd)*. [Google Scholar](#)
- Corwin, L. A., Runyon, C. R., Ghanem, E., Sandy, M., Clark, G., Palmer, G. C., Reichler, S., Rodenbusch, S. E., & Dolan, E. L. (2018). Effects Of Discovery, Iteration, And Collaboration In Laboratory Courses On Undergraduates' Research Career Intentions Fully Mediated By Student Ownership. *Cbe—Life Sciences Education*, 17(2), Ar20. [Google Scholar](#)
- Depkes, R. I. (2010). Profil Kesehatan Indonesia 2010. *Jakarta: Depkes Ri*. [Google Scholar](#)
- Favus, M. J. (2010). Bisphosphonates For Osteoporosis. *New England Journal Of Medicine*, 363(21), 2027–2035. [Google Scholar](#)
- Fried, P. A., & Watkinson, B. (1990). 36-And 48-Month Neurobehavioral Follow-Up Of Children Prenatally Exposed To Marijuana, Cigarettes, And Alcohol. *Journal Of Developmental And Behavioral Pediatrics*. [Google Scholar](#)
- Higuchi, T., Seki, N., Kamizono, S., Yamada, A., Kimura, A., Kato, H., & Itoh, K. (1998). Polymorphism Of The 5' - Flanking Region Of The Human Tumor Necrosis Factor (Tnf) - A Gene In Japanese. *Tissue Antigens*, 51(6), 605–612. [Google Scholar](#)
- Khamoui, A. V, Brown, L. E., Nguyen, D., Uribe, B. P., Coburn, J. W., Noffal, G. J., & Tran, T. (2011). Relationship Between Force-Time And Velocity-Time Characteristics Of Dynamic And Isometric Muscle Actions. *The Journal Of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 198–204. [Google Scholar](#)
- Klippel, J. H. (1997). Systemic Lupus Erythematosus: Demographics, Prognosis, And Outcome. *The Journal Of Rheumatology. Supplement*, 48, 67–71. [Google Scholar](#)
- Organization, W. H. (2018). *Who Expert Consultation On Rabies: Third Report (Vol. 1012)*. World Health Organization. [Google Scholar](#)
- Rachman, S. (2010). Betrayal: A Psychological Analysis. *Behaviour Research And Therapy*, 48(4), 304–311. [Google Scholar](#)
- Ri, K. (2016). Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2018. *Pedoman Umum Gizi Seimbang. Jakarta (Id): Direktorat Jenderal Bina Kesehatan Masyarakat*. [Google Scholar](#)
- Risikesdas. (2013). Risikesdas 2013. In *Jakarta Kementerri Kesehat Ri (Vol. 6)*. [Google Scholar](#)
- Ryan, P. J., & Fogelman, I. (1997). Bone Scintigraphy In Metabolic Bone Disease. *Seminars In Nuclear Medicine*, 27(3), 291–305. [Google Scholar](#)
- Tseng, H. F., Chi, M., Smith, N., Marcy, S. M., Sy, L. S., & Jacobsen, S. J. (2012). Herpes Zoster Vaccine And The Incidence Of Recurrent Herpes Zoster In An Immunocompetent Elderly Population. *The Journal Of Infectious Diseases*, 206(2), 190–196. [Google Scholar](#)

Copyright holder:

Sri Puspa Handayani, Erwin Affandi Soeriadi (2021)

First publication right:

Jurnal Health Sains

This article is licensed under:

