



Title	99mTc標準リン酸化合物による骨シンチグラフィの臨床的検討(IV)-骨折ならびに骨移植について-
Author(s)	山本, 逸雄
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1978, 38(10), p. 970-975
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/15312">https://hdl.handle.net/11094/15312</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## $^{99m}\text{Tc}$ 標識リン酸化合物による骨シンチグラフィ

### の臨床的検討 (IV)

#### 骨折ならびに骨移植について

京都大学放射線・核医学科

山本 逸雄

(昭和53年3月20日受付)

(昭和53年6月1日最終原稿受付)

### Clinical Evaluation of Bone Scintigraphy with

### $^{99m}\text{Tc}$ -Labeled Phosphate Compounds

#### (Part Four)

#### —Fracture and Bone Graft—

Itsuo Yamamoto

Department of Radiology and Nuclear Medicine, Kyoto University Hospital

Research Code No.: 731

Key Words: Bone scintigraphy, Fracture, Bone graft,  $^{99m}\text{Tc}$ -labeled phosphate compound

Bone scintigraphy with  $^{99m}\text{Tc}$ -labeled phosphate compounds (mainly  $^{99m}\text{Tc}$ -EHDP) was performed on 45 cases with mandibular fracture and 22 cases with bone graft to the mandible. Scintigraphy was also repeated on artificial fracture in rats.

On fractured rats, the course of scintigraphic changes following a fracture was recognized. The fractured site accumulated  $^{99m}\text{Tc}$ -EHDP on the second day after the fracture, rapidly increasing to the seventh day. After two weeks of the same level, the accumulation increased maximally at 21st day and then decreased gradually reaching to the control level at three months after the fracture. Clinically, cases with mandibular fracture showed increased accumulation of  $^{99m}\text{Tc}$ -EHDP on the sixth day, reaching at maximum between first month to forth month and then the accumulation gradually decreased. On cases with autologous iliac bone graft to a defect of the mandible, the uptake by grafted bone appeared between 2 to 6 weeks after the graft, increased slightly more than by normal mandible between 6 weeks to a year, and then decreased to the normal level. In a case with an unsuccessful graft, the uptake by the grafted bone did not appear. In a case with osteomyelitis, the uptake by the grafted bone was very extensive. As a conclusion, bone scintigraphy was very useful for the evaluation of bone graft.

#### 1. 緒 言

$^{99m}\text{Tc}$  標識リン酸化合物による骨シンチグラフ

イの意義について、著者は、転移性骨腫瘍、原発性骨腫瘍、および代謝性骨疾患について別報にて

述べてきたが<sup>1)~3)</sup>、今回、骨折および骨移植における骨シンチグラフィの意義につき検討を加えた。骨折の骨シンチグラフィに関しては今までに少數の報告があり<sup>4)~5)</sup>、骨折の発見に骨シンチグラフィの有用なことが報告されているが、骨折の経過をみた報告はなく、また、骨移植の骨シンチグラフィについては、動物実験による報告はあるが<sup>6)</sup>、臨床的な報告はなく、その意義も充分明らかにされていない。そこで著者は、<sup>99m</sup>Tc リン酸化合物を用いて、42例の下顎骨骨折例および25例の下顎骨への自家腸骨移植例にくりかえし骨シンチグラフィを施行し、その変動を観察し、また、ラット下腿骨骨折実験も併せ施行し、骨折および骨移植における骨シンチグラフィの意義につき検討を加えた。

## 2. 方法および対象

### a) 使用した放射性医薬品

放射性医薬品は、主として、ダイナボット社およびメジフィジックス社製の<sup>99m</sup>Tc 標識 ethane hydroxy biphoshonate (EHDP) を用いた。ダイナボット社製のものは凍結乾燥された EHDP キット 1 バイアルに 4~6cc の<sup>99m</sup>Tc O<sub>4</sub><sup>-</sup> 溶液を加えて標識を行い、メジフィジックス社製のものは、すでに標識された<sup>99m</sup>Tc-EHDP を用いた。その他、若干例には<sup>99m</sup>Tc 標識 pyrophosphate, <sup>99m</sup>Tc 標識 monofluorophosphate, <sup>99m</sup>Tc 標識 methylene diphosphonate 等を用いた。いずれもその 10~15 mCi を<sup>99m</sup>Tc 標識操作後 2 時間以内に静注投与した。

### b) スキャンの方法

放射性医薬品投与 3 時間後、4,000 ホールコリメータ装備の Nuclear Chicago 社製 Pho/Gamma HP にて下顎部、正面、両側面の 3 方向につき、100 秒間、約 10 万カウントを集め、シンチフォトを作成した。

### c) 検査対象

動物実験では、250g Wister 系ラットの右下腿骨を折り、その後 1 日、2 日、3 日、4 日、5 日、7 日、10 日、14 日、21 日、28 日、60 日、90 日、180 日後、各 3 匹ずつに<sup>99m</sup>Tc 標識 EHDP

1mCi を尾静脈より静注投与し、3 時間後に殺し、シンチカメラによりシンチフォトを作成し、また、左右下腿骨を採取して、ウェル型シンチレーションカウンターにて放射能量を測定して、右/左比を求め、各時期毎の、3 匹の平均値を算出した。

骨折の臨床例は、42 例の外傷性下顎骨骨折症例である。骨折 3 日後より最長 2 年後の間にシンチグラフィをくり返し施行し、骨折部の放射能集積の変化を検討し、集積の強さをシンチグラムの読影により 3 段階にわけ、異常集積を認めないものを-、軽度の異常集積を認めるものを+、著明な異常集積を認めるものを++とした。

骨移植症例では、下顎骨腫瘍摘出後の下顎骨の欠損部への腸骨の自家移植症例の 25 例に実施し、骨移植 6 日後より最長 3 年後の間に骨シンチグラフィをくり返し施行し、移植部の放射能集積の変化を観察した。放射能集積の強さはシンチグラムの読影により判断したが、移植骨への集積を認めない例を-とし、正常下顎骨と同程度のものを±、正常下顎骨より軽度強い集積を認めるものを+、著明に強い集積を認めるものを++とした。

## 3. 結 果

### i) ラットにおける骨折について

骨折後の骨折部への放射能の集積は Fig. 1 に示す如く、骨折 2 日後に骨折部の放射能が増加し、骨折 4 日後より 7 日後迄、放射能は急速に増

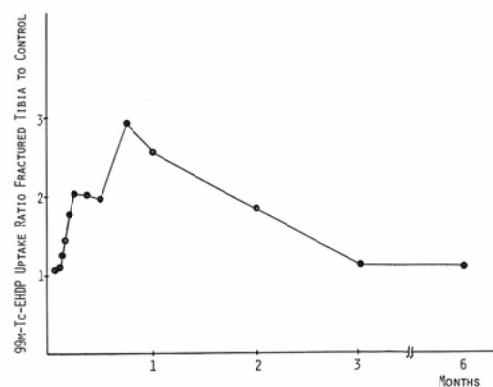


Fig. 1 Chronological changes in <sup>99m</sup>Tc-EHDP uptake by fractured tibia of rats.

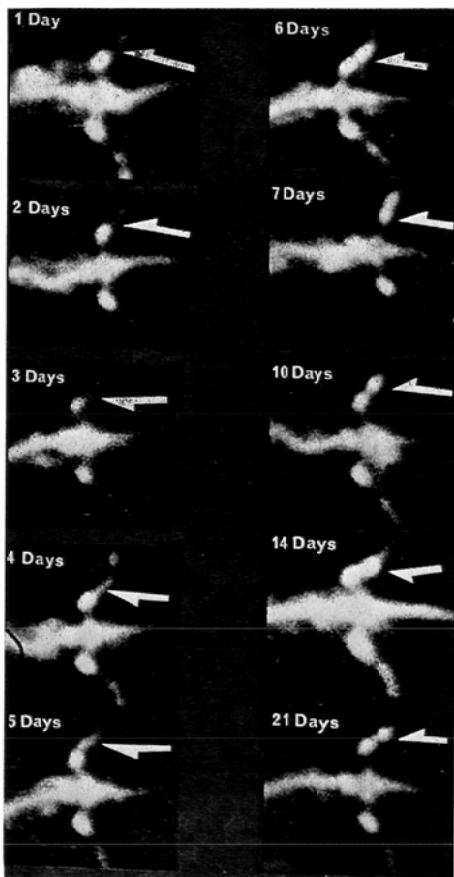


Fig. 2 Chronological changes in bone scintigrams after fracture of lower leg bone of a rat.

加し、以後14日後迄はほぼ同等の放射能集積を示し、それから再び上昇し、21日後に最高値に達し、その後、放射能集積は減少して90日後に前値に復した。また、骨シンチグラムではFig 2に示す如く、骨折4日後より骨折部は集積の増加としてとらえられ以後急激に強くなり、また21日目には広範にあつた集積がより限局していくのが認められた。

#### ロ) 下顎骨骨折について

Fig. 3は、臨床例における下顎骨骨折部の放射能の集積の変化を示す。骨折部への放射能の集積の増加は、骨折6日後には異常集積としてとらえられ、以後急速に集積が増し、1カ月以内に最高値に達した。その集積は、4カ月後に徐々に

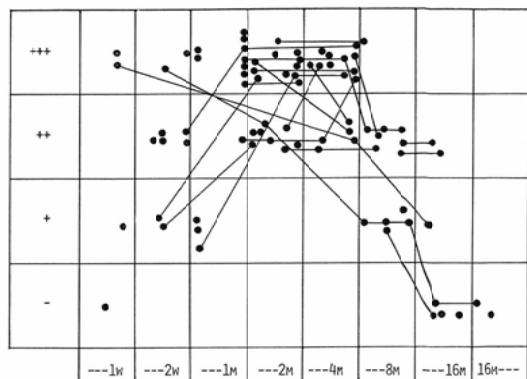


Fig. 3 Changes in  $^{99m}\text{Tc}$ -EHDP uptake by fractured mandibles.

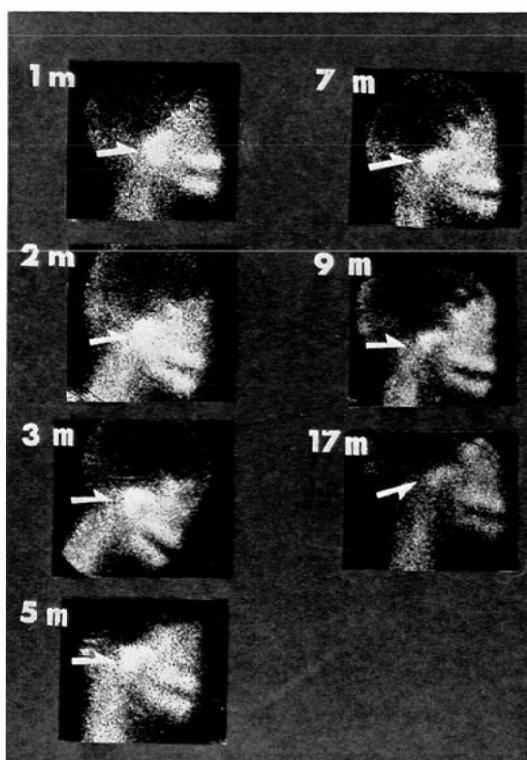


Fig. 4 A case with a fracture of the right mandibular process.  $^{99m}\text{Tc}$ -EHDP uptake was maximum at or 3 months after the fracture and decreased gradually to 9 months after the fracture. At 17 months after fracture, bone scintigram was normal.

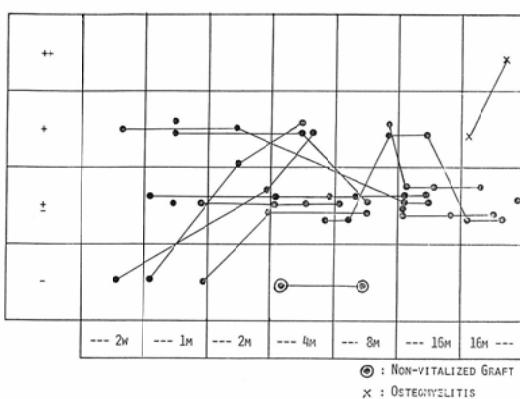


Fig. 5 Changes in  $^{88m}$ Tc-EHDP accumulation in the grafted bones.

- : no accumulation
- ±: accumulation same as normal bone
- +: accumulation slightly higher than normal
- ++: significantly increased accumulation

減少し、1～2年後の間に正常の像に復した。Fig. 4 は、下顎骨右頸関節突起部の骨折例の骨シンチグラムの変動の1例を示すが、受傷後1カ月にて強い集積を認め、2～3カ月後に最高となり、以後集積は徐々に減少し、またその異常集積の範囲も限局して来て、17カ月後にはほとんど正

常の像に戻っている。

#### ハ) 骨移植例について

下顎骨への自家移植例において、下顎骨断端部の放射能の集積の変動は骨折の場合とはほぼ同様の経過をとつた。一方、移植骨自体の集積は Fig. 5 に示す如く、正常の治癒経過をとつた例では、2週後頃から1カ月後の間に集積が認められるようになり、それは1～2カ月の間に、正常骨とほぼ同等あるいは軽度に強い集積を示した。以後、多少集積の増加を示す例もあるが、強い異常集積を示すことはなく、1～2年後のうちに正常骨と同じ程度の集積を示すようになった。Fig. 6 は、このような正常の経過をとつた1例の骨シンチグラムを示す。Fig. 7 は移植骨が吸収され、再移植後、移植骨に集積が認められるようになつた例を示す。また、Fig. 8 は移植2年後に骨髓炎をきたした例を示すが本症例においては正常の経過と異なり、2年後の骨シンチグラムにおいて、移植部に強い集積が認められた。

#### 4. 考 案

##### イ) ラットにおける骨折について

骨折部の  $^{99m}$ Tc-EHDP 集積の経時的な変化の

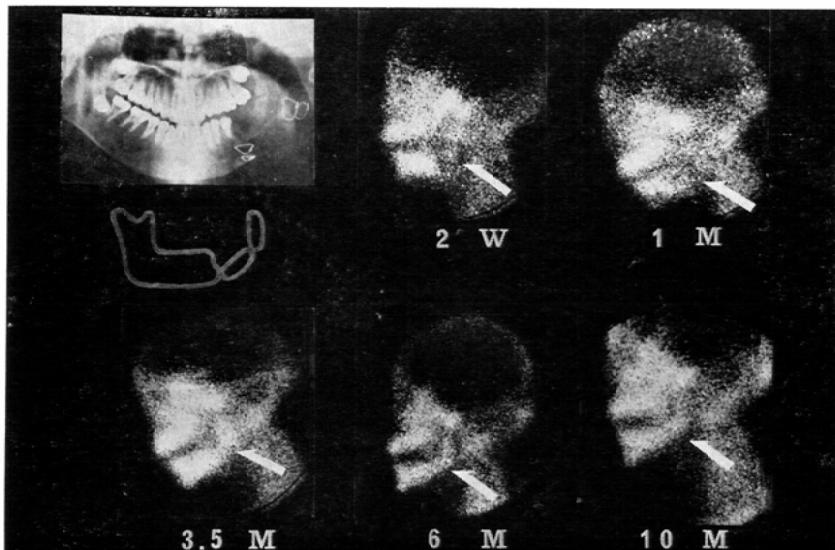


Fig. 6 A case with a bone graft which showed a normal course of healing.  
The accumulation of  $^{99m}$ Tc-EHDP was detected at 2 weeks after grafting, showing maximal activity at 3.5 months.

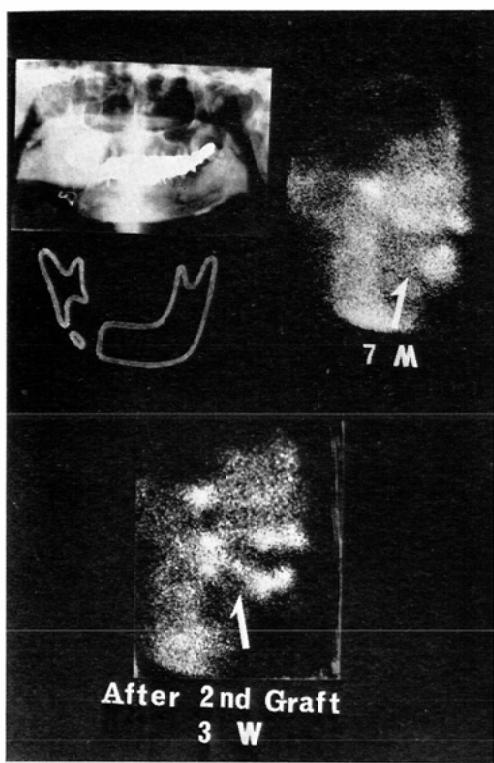


Fig. 7 A case of unsuccessful bone graft. This case showed no accumulation of  $^{99m}\text{Tc}$ -EHDP in the grafted bone at 7 months after the graft. The accumulation appeared 3 weeks after the successful regrafting.

検討では、骨折部の集積は1週後に第1のピークに達し、その後1週間の横ばい後、再び集積は増し3週後が最高値となり、その後、経過とともに集積の減少が認められた。また、同時に撮像したシンチグラムにおいては、最初広範囲にあつた集積が徐々に接合部に限局してくるのが認められた。骨折部の放射能の経時的な経過において、その集積の強さが2相性をとることは、ラットにおいて、抜歯後の集積の経過をみた Lurie 等<sup>7</sup>の報告と一致し、彼等は、抜歯に対する骨の修復機転において、最初の1週後のピークは歯槽骨の外部の骨形成が主因であり、第2のピークは歯槽骨そのものの骨形成によると説明している。下腿骨々折において、放射能の集積が最初広範にあつたものが徐々に接合部に限局してくるという所見とあわせて、最初の集積の増加は、炎症等による血流の増加が主因であり、第2のピークは、仮骨形成後の骨新生によると考えると理解しやすいが、今後更に検討を要する。

#### ロ) 下顎骨骨折例について

骨折後、正常の治癒機転をとる場合には、骨折6日後に骨シンチグラムにて集積がとらえられ、1カ月以内に最高度に達し、4カ月頃より徐々に集積が減少し、1~2年後には集積を認めなく

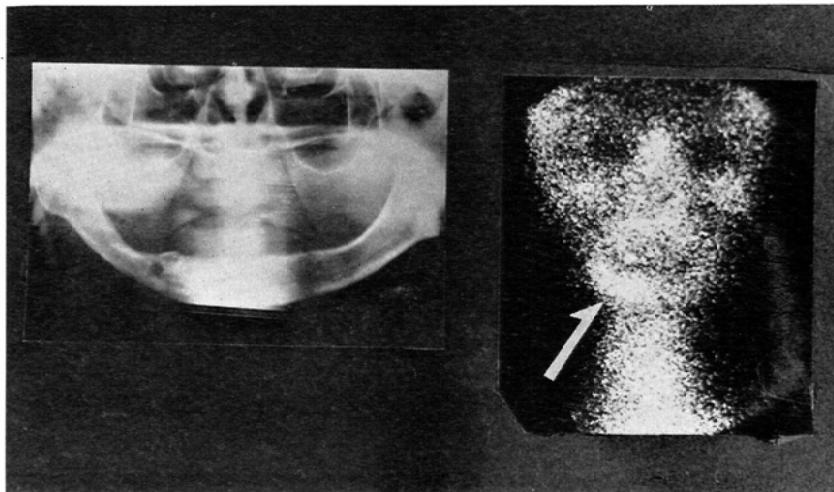


Fig. 8 A case complicated with osteomyelitis after bone graft. This case revealed high accumulation of  $^{99m}\text{Tc}$ -EHDP in the grafted bone, two years after the graft, which was unusual for a normal course.

なるという経過が認められた。ヒトとラットの骨折のシンチグラムにおける経過において、その経過のはやさには差はあるが、同様の経過であり、ヒトの骨折においても初期の集積は広範囲にあり経過とともに限局していくのが認められた。今回の対象群の中には含まれていないが、他の部位の骨折例において、仮関節形成においては、1～2年以上の経過後の例においても強い集積が認められ、骨折の治癒判定に骨シンチグラムは有効な情報を与えるものと思われた。

#### ハ) 骨移植例について

骨移植の骨シンチグラフィに関しての、臨床報告はみられず、Goldberg 等<sup>6)</sup>はウサギの実験において移植骨における <sup>85</sup>Sr のとりこみが4週後に2週後の約4倍になり、その後漸減していく経過をあきらかにしている。下顎骨欠損部に対する自家腸骨移植例における今回の臨床的検討で、移植骨自体の集積は、移植2週～1カ月後に正常骨と同等ないし、それより軽度強い集積としてとらえられ、以後、軽度に集積が強くなることはあるが、高度の強い集積を示すことはなく、1～2年のうちに正常骨と同等の集積に復するという経過があきらかとなつた。また、移植失敗例においては、動物実験において Stevenson 等<sup>6)</sup>は、移植骨に集積が認められないと報告しているが、今回の検討にても移植骨が吸収されていった例において移植2カ月後に、移植骨への集積は認められなかつた。このことから、骨移植の成否の判定には、移植1～2カ月後の骨シンチグラフィ、およびその後の経過観察が有効と思われた。また、骨髓炎の発生も、骨シンチグラフィにてよくとらえられ、骨移植の経過観察に骨シンチグラフィは施行されるべきであり、治癒判定に有効と考えられた。

#### 5. 総括ならびに結論

① ラットにおいて骨折後の骨折部への放射能集積は、骨折2日後より増加が認められ、1週後に第1のピークとなり、3週後に第2のピークを示し、以後、漸減し、12週後に骨折前に復した。

② ヒト 下顎骨骨折症例の骨シンチグラムで

は、受傷6日後に集積を認めるようになり、1～4カ月後に最も強い集積を認め、1～2年後の間に正常骨と同等に復した。

③ 骨移植症例の骨シンチグラムにおいて移植骨は、移植2週～1カ月後の間に集積を示すようになり、以後、正常骨より軽度の強い集積を認め、1～2年後に正常骨と同等の集積を示した。移植失敗例においては、集積は認められず、骨移植の成否の判定に骨シンチグラフィは極めて有用と考えられた。

稿を終えるにあたり、本研究に懇切なる御指導と、御校閲を賜つた京都大学・放射線・核医学科鳥塚莞爾教授、中央放射線部森田陸司助教授に謝意を表しますとともに、本研究に多大の御協力をいただきました、京都大学口腔外科石井保雄助教授、放射線・核医学科の骨・カルシウム研究グループの各位ならびに、中央放射線部シンチカメラ室の各位に厚く感謝致します。

#### 文 献

- 1) 山本逸雄、森田陸司、坂本 力、森 敏、鳥塚莞爾、藤田 透、高坂唯子、浜本 研: <sup>99m</sup>Tc標識リソルボン酸化合物による骨シンチグラフィの検討. Radioisotopes, 第23巻, 614-619, 1974.
- 2) 山本逸雄: <sup>99m</sup>Tc標識リソルボン酸化合物による骨シンチグラフィの臨床的検討(Ⅱ)一原発性骨腫瘍一. 核医学, 第15巻7号, 1978掲載予定
- 3) 山本逸雄: <sup>99m</sup>Tc標識リソルボン酸化合物による骨シンチグラフィの臨床的検討(Ⅲ)一代謝性骨疾患、骨異形成症について一. 核医学, 第15巻8号, 1978掲載予定
- 4) Bessler, W.J.: Skeletal scintigraphy as an aid in practical roentgenographic diagnosis. Am. J. Roentgenol., 102: 899-907, 1968
- 5) Hisada, K., Suzuki, Y. and Iimori, M.: Technetium 99m Pyrophosphate bone imaging in the evaluation of trauma. Clinical Nucl. Med., 1: 18-25, 1976
- 6) Stevenson, M.J.S., Bright, R.W., Dunson, G.L. and Nelson, F.R.: Technetium-99m phosphate bone imaging: A method for assessing bone graft healing. Radiology, 110: 391-394, 1974
- 7) Lurie, A.G. and Matteson, S.R.: <sup>99m</sup>Tc-Diphosphonate bone imaging and uptake in healing rat extraction sockets. J. Nucl. Med., 17: 688-692, 1976
- 8) Goldberg, V.M. and Lance, E.M.: Revascularization and accretion in transplantation: Quantitative studies of the role of the allograft barrier. J. Bone & Joint Surg., 54-A: 807-816, 1972