

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

臨床核医学

2021

Vol.54No.2

3月号 17~32頁

放射線診療研究会

1968年創刊通算260号(奇数月刊行)

http://www.meteo-intergate.com(本誌論文検索用)



See Page 23

ホームページ・Online版 www.rinshokaku.com

[研究報告] ^{99m}Tc -HMDP骨シンチグラフィ画像にRI投与から撮像までの時間がもたらす影響 18
古家 翔

[学会報告] 行ってよかった第60回日本核医学会学術総会 in 神戸 23
辻川 哲也

[連載] 医療未来学から覗く未来の医療
Vol.1. 診察室に医師が居なくなる日 26
奥 真也

研究報告

 ^{99m}Tc -HMDP 骨シンチグラフィ画像に RI 投与から撮像までの時間もたらす影響**Influence of the scan time point on the assessment of whole-body bone scintigraphy using ^{99m}Tc -HMDP: comparison between 2 vs. 3 h.**

古家 翔¹⁾ FURUYA Sho 下村 悟史²⁾ SHIMOMURA Satoshi 平田 健司³⁾ HIRATA Kenji
 南部 敏和¹⁾ NANBU Toshikazu

Key Words : ^{99m}Tc -HMDP, Bone Metastasis, Bone Scan Index

《はじめに》

骨シンチグラフィは悪性腫瘍の骨転移に対する早期診断、治療方針決定、治療効果判定や再発評価に有用な検査である。転移性骨腫瘍の分布、進展の他に骨髄炎など炎症の評価にも臨床応用されている。長い歴史を有する検査だが、全身を一回で撮像できる長所があり、現在も多くの施設で利用されている¹⁻⁴⁾。実際の臨床現場で骨シンチグラフィを撮像する際は、 ^{99m}Tc 標識有機リン酸化化合物製剤を静脈注射後3-4時間経過してから撮像する方法が一般的である⁵⁾。しかし、注射後の待機時間を含めて検査に長時間を要するため、患者負担が大きいことが欠点に挙げられる。

SPECTに代表されるガンマ線カメラの性能が経年的に向上している⁶⁾。しかし、RI投与から撮像までの時間が画像診断にもたらす影響について検討した最近の報告は少ない。本検討では、全身の異常集積の有無の評価を目的とする場合、高感度/高分解能のカメラの使用によって待機時間を短縮できる可能性があるとの仮説を立てた。当院で通常施行している ^{99m}Tc -HMDP静注3時間後の撮像に加えて、2時間後の撮像を行った。静注2時間後と3時間後の画像を比較し、読影医間の診断の一致率や画質を評価した。同時に、VSBONE NAVI(日本メジフィジックス)を用いて計測され

たBSI(Bone Scan Index)の比較も施行した¹⁻²⁾。

本検討では、 ^{99m}Tc -HMDP投与から撮像までの時間が画像にもたらす影響を評価し、文献的考察を加えて報告する。

《対象と方法》

この研究は筆者らの所属する施設において、国立病院機構の臨床研究課題として申請し、倫理委員会で承認を受けたものである(受付番号: 02-25)。2020年6月から9月の期間、北海道がんセンターにおいて年齢、疾患、病変の有無を考慮せず、骨シンチグラフィを2回撮像することに同意を取得できた連続28例を研究対象とした。検査情報の提供について、文書による同意書を参加者全員から取得した。患者や原疾患の詳細は表1に記載する。

既調整 ^{99m}Tc -HMDP(日本メジフィジックス社製)20mCiを静注投与し、2時間と3時間経過後の2回撮像を行った。骨転移の検出には全身用ガンマカメラ(GE Healthcare社 Discovery NM630)を使用した。

視覚的検討では、6年間および35年間の核医学領域の読影トレーニングを受けた2名の読影医が全身像を参照し、骨シンチグラフィの画質および

1) 北海道がんセンター放射線診断科 〒003-0804 北海道札幌市菊水4条2丁目3番54号

TEL : 011-811-9111 FAX : 011-832-0652 E-mail : s42090092o@gmail.com

Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Hokkaido Cancer Center, Sapporo, Japan

2) 北海道がんセンター放射線部

Department of Radiology, Hokkaido Cancer Center, Sapporo, Japan

3) 北海道大学大学院医学研究院画像診断学教室

Department of Diagnostic Imaging, Hokkaido University Graduate School of Medicine, Sapporo, Japan

表1 患者情報

症例番号	年齢	診断	検査目的
1	80歳代	膀胱癌, 多発骨転移, 回腸導管造設後	骨転移のフォローアップ目的
2	70歳代	左腎盂癌	骨転移検索
3	70歳代	去勢抵抗性前立腺癌	治療効果判定
4	70歳代	上顎骨の顎骨壊死術後	炎症精査目的
5	50歳代	子宮頸癌の再発	骨転移検索
6	70歳代	右下顎骨の骨髄炎疑い	炎症精査目的
7	60歳代	膀胱癌	骨転移検索
8	50歳代	肺癌, 胸膜播種	骨転移検索
9	80歳代	前立腺癌, 多発骨転移	骨転移の評価
10	70歳代	膀胱癌	骨転移検索
11	60歳代	前立腺癌, 多発骨転移	治療効果判定
12	70歳代	前立腺癌	骨転移検索
13	70歳代	前立腺癌	骨転移検索
14	60歳代	乳癌	骨転移検索
15	50歳代	前立腺癌	骨転移検索
16	60歳代	多発骨転移, 下顎骨の顎骨壊死	炎症精査目的
17	40歳代	乳癌	骨転移検索
18	70歳代	尿管癌	骨転移検索
19	80歳代	尿管癌	骨転移検索
20	70歳代	多発骨転移, 下顎骨の顎骨壊死	炎症精査目的
21	70歳代	左腎癌	骨転移検索
22	60歳代	右大腿骨腫瘍	骨転移検索
23	90歳代	乳癌	骨転移検索
24	70歳代	乳癌	骨転移検索
25	70歳代	前立腺癌, 多発骨転移	骨転移のフォローアップ目的
26	50歳代	肺癌	骨転移検索
27	60歳代	胃癌, 圧迫骨折	骨転移検索
28	50歳代	右恥骨骨腫瘍	骨転移検索

本研究で解析した28症例の年齢, 診断, 撮像目的について記載した。

異常集積部位の数を評価した。2時間後と3時間後の画像はそれぞれ7日空けて別々に評価した。骨シンチグラフィの画質はgood, normal, poorの3段階で評価した。異常集積を骨転移または骨髄炎を疑う所見と定義し, 読影医はSPECTやCT画像を参照することなく, 全身像のみで異常集積の数を評価した。外傷性変化と変性変化は, 今回の検討では異常集積に含めなかった。異常集積の数はExtent of Disease (EOD)スコアで0-4点

に分類し, スコアの一致率を検討した(表2)⁸⁾。さらに7日後, どちらが2時間後ないし3時間後の画像であるかはわからないように設定した上で, 2人の読影者で画質の比較を行った。比較結果は①2時間像のほうが高画質である(2h>3h), ②3時間像のほうが高画質である(2h<3h), ③2時間像と3時間像は同等の画質である(2h≒3h), と3段階で分類した。

読影医間のEODスコアの一致率は, Cohenの κ 係数を計測して評価した。一般に κ 係数が0.81~1.00の間であればほぼ完全な一致, 0.61~0.80の間であれば実質的に一致しているとみなされる。2時間後と3時間後の全身像それぞれについて, VSBONE BSIを使用してBone Scan Index (BSI)を算出した。BSIの解析結果は, 平均±標準誤差で記載し, 対応のあるt検定で $p<0.05$ を有意差とした。また, 2時間後と3時間後のBSIから相関係数と回帰直線を算出した。統計解析にはSAS (JMP ver.14; SAS, Cary, NC, USA)を使用した。

《結果》

全病変への読影者1と読影者2の評価は表に記載する結果であった(表3)。EODスコアの一致率は2時間後の画像で $\kappa=0.73$, 3時間後の画像で $\kappa=0.67$ であった。BSIは2時間後で 2.23 ± 0.92 , 3時間後で 2.22 ± 0.92 となり, $p=0.99$ と有意差は見られなかった。

画質の評価では, いずれもnormalかgoodの評価であった。2時間後と3時間後の画質の比較では, いずれも同等か, 3時間後の画像が2時間後の画像より優れるとする結果であった。

2時間後と3時間後の画像のそれぞれで算出したBSIの回帰直線は $y = 0.94x + 0.11$, 相関係数は $R^2 = 0.98$ であった(図1)。また, 典型例を図2に示す。

表2 EODスコア⁸⁾

スコア	カテゴリー
0	異常集積なし, 変性など良性変化への集積のみ。
I	1-5ヶ所の異常集積。
II	6-19ヶ所の異常集積。
III	20ヶ所以上の異常集積を認めるが, スーパーボーンスキャンではない。
IV	スーパーボーンスキャン, または肋骨, 椎体, 骨盤の75%以上の異常集積を認める。

EODスコアは異常集積の数, 分布に応じて0-IVで分類するスコアである。

表3 読影者1, 2による評価の結果

症例番号	読影者1					読影者2					BSI	
	EOD スコア		画質評価			EOD スコア		画質評価				
	2h	3h	2h	3h	比較	2h	3h	2h	3h	比較	2h	3h
1	II	II	good	good	2h<3h	II	II	good	good	2h≒3h	12.04	10.22
2	0	0	good	good	2h≒3h	0	0	norm al	good	2h<3h	1.51	0.81
3	I	0	good	good	2h≒3h	I	I	good	good	2h≒3h	0	0.03
4	0	I	norm al	norm al	2h≒3h	I	I	norm al	norm al	2h≒3h	0	0
5	I	I	norm al	norm al	2h≒3h	0	0	good	good	2h≒3h	0.55	0.54
6	II	II	norm al	good	2h<3h	II	II	norm al	norm al	2h<3h	0.09	0.05
7	I	I	norm al	good	2h<3h	0	0	norm al	good	2h<3h	0.41	0
8	0	0	good	good	2h≒3h	0	I	good	good	2h≒3h	0	0
9	III	III	good	good	2h≒3h	III	III	good	good	2h≒3h	19.8	18.3
10	0	0	good	good	2h≒3h	0	0	norm al	norm al	2h<3h	0	0
11	I	I	good	good	2h≒3h	I	I	good	good	2h≒3h	0.15	0.01
12	0	0	good	good	2h≒3h	0	0	good	good	2h≒3h	0	0
13	I	I	good	good	2h≒3h	I	I	good	good	2h≒3h	0.35	0.45
14	0	0	good	good	2h≒3h	0	0	good	good	2h≒3h	0.56	1.73
15	I	I	good	good	2h≒3h	0	I	good	good	2h≒3h	0	0
16	II	II	norm al	norm al	2h≒3h	II	II	good	good	2h≒3h	2.55	1.85
17	0	0	good	good	2h≒3h	0	0	good	good	2h≒3h	0	0
18	0	0	good	norm al	2h<3h	0	0	norm al	good	2h<3h	0	0
19	0	0	good	good	2h≒3h	0	0	norm al	norm al	2h≒3h	0	0
20	II	II	good	good	2h≒3h	II	III	good	good	2h≒3h	2.61	4.95
21	0	0	good	norm al	2h<3h	0	0	norm al	norm al	2h≒3h	0	0
22	I	I	good	good	2h≒3h	I	I	good	good	2h≒3h	0.58	0.43
23	I	0	good	good	2h<3h	I	I	good	good	2h≒3h	0.02	0.03
24	I	0	good	good	2h≒3h	0	0	good	good	2h≒3h	0	0
25	III	III	good	good	2h≒3h	III	III	good	good	2h≒3h	15.75	16.1
26	0	0	good	good	2h≒3h	0	0	good	good	2h≒3h	0	0
27	0	0	good	good	2h≒3h	0	0	good	good	2h≒3h	2.26	2.81
28	I	I	good	good	2h≒3h	I	I	good	good	2h≒3h	3.26	3.79

読影者1, 2が評価したEODスコアと画質評価, BSIを2時間後と3時間後の画像について記載した。

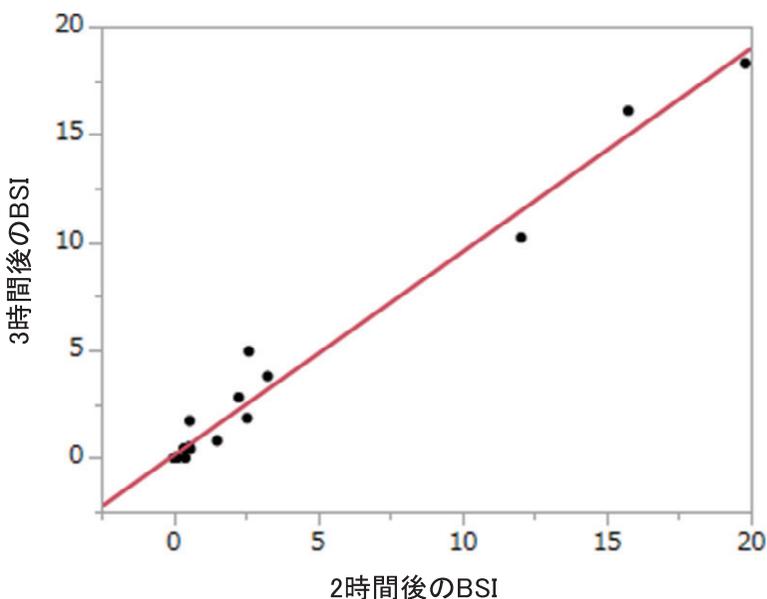


図1 BSIの相関係数と回帰直線
 Y軸を3時間後のBSI, X軸を2時間後のBSIとした。相関係数はR2 = 0.98,
 回帰直線は $y = 0.94x + 0.11$ であった。

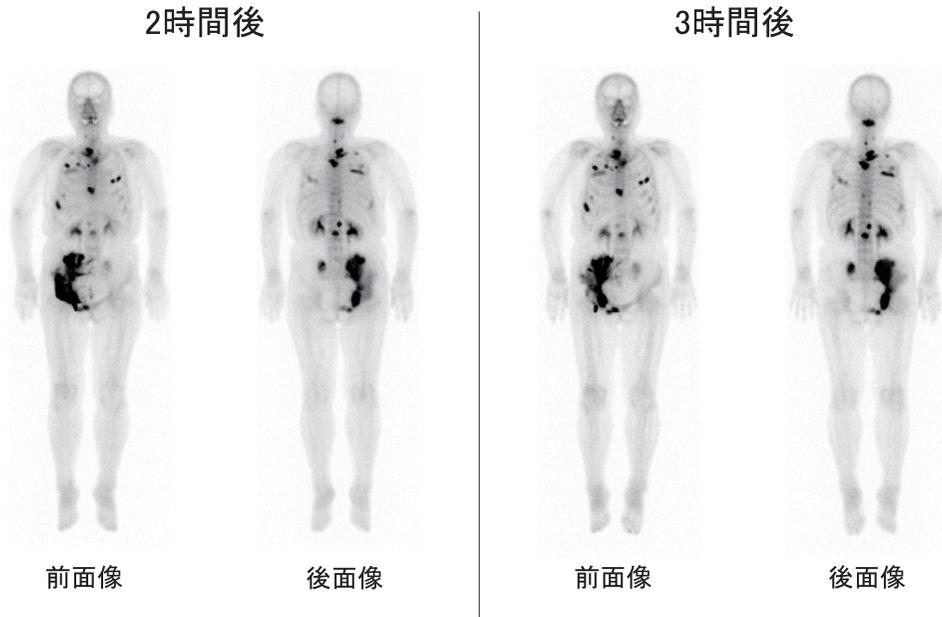


図2 典型症例

症例1 (80歳代女性)の2時間後と3時間後の全身像を示す。膀胱癌に対して膀胱全摘、回腸導管造設術後。読影者1は2時間後の画像で12カ所、3時間後の画像で15カ所の異常集積と評価した。EODスコアはいずれもⅡに相当した。画質はどちらもgood, 2h<3hと評価した。読影者2は2時間後の画像で14カ所、3時間後の画像で16カ所の異常集積と評価した。EODスコアはいずれもⅡに相当した。画質はどちらもgood, 2h≒3hと評価した。BSIは2時間後で12.04, 3時間後で10.22であった。

《考 察》

進行した前立腺癌、乳癌患者にとって、骨シンチグラフィは骨転移のスクリーニング、治療後のフォローアップに重要な検査となる^{1,4)}。PET/CTやMRIもフォローアップの検査になりえるが、コストの面からは第一選択とすることは難しい^{1,3)}。ルーチン検査として骨シンチグラフィを撮像する場合、検査にかかる時間を短縮することが望ましい。

^{99m}Tc-MDPに関する研究では、RI投与1時間後では、RIの10%程度が血中に分布し、30%以上が腎尿管内を通過している。投与後3時間では45-55%が骨内に分布し、56-59%が尿中、3-5%が血中に分布するとされる⁵⁾。核医学分野の研究では被曝の問題があるため、複数回のRI投与は避けられる傾向にある。本検討は1回のRI投与で2回の撮像を行っているため、被験者の被曝線量増加を回避できている。2時間後と3時間後の画像の比較では、画質は同等ないし3時間後の画像で優れると判定した。投与3時間以内に血中のRI濃度が経時的に低下するが、2時間後では血中の濃度低下が不十分である可能性がある⁵⁾。つ

まり、2時間後の画像では背景組織の集積が高く、コントラストが弱いことが画質の差と評価されている可能性が考えられる。

読影者間のEODスコアの一致率は、2時間後で $\kappa=0.73$ 、3時間後の画像で $\kappa=0.67$ と高い一致率になった。画質については2時間後より3時間後の画像が優れる可能性を示唆する結果であったが、診断結果への影響は少ないと考えられる。この結果から、2時間後の撮像からも臨床診断は可能であり、骨転移や骨髄炎の有無を評価する目的であれば、2時間後の撮像のみで臨床応用できる可能性が示唆された。骨シンチグラフィはEANMガイドラインでも述べられているように、変性や外傷などへの非特異的な集積を示す⁵⁾。骨シンチグラフィの画質は重要だが、近年は集学的に他の検査結果も参照することが提唱されている⁵⁾。実際に診断する際には診断効率にも配慮し、CTやMRIなど形態画像の所見も可逆的に参照して変性などを確認することも重要と考えられる。

上述のように、悪性腫瘍ではない領域にもRIが集積を示すため、経験を積んだ読影医でなければ骨シンチグラフィの解釈に誤りが生じる可能性

がある^{1,2)}。そのため、本検討ではBSIについても検討している。BSIは全身の骨転移を評価する際の定量的バイオマーカーとして使用されており、誤診の回避に加えて予後予測や治療効果判定に有用であると考えられる^{1,3)}。BSIは2時間後の撮像でわずかに高い結果であったが、3時間後の値と有意差は見られなかった。Shintawatiらによる報告ではBSIがRI投与後の待機時間に応じて経時的に増加するとされ、本検討と逆の結果である⁹⁾。結果の相違は本検討でBSI = 0の症例が11例含まれることによりサンプル数が少ない点、RIが^{99m}Tc-MDPと^{99m}Tc-HMDPで異なる点や投与2時間後と3時間後という短い時間差である点に起因している可能性があり、更なる検討が望ましいと考える。

BSIは異なる撮像タイミングであっても高い再現性を示すことが過去に示されているが、BSIを定量値として特定の患者で経時的にフォローアップする場合、RI投与後から撮像までの間隔は一定に設定すべきと考える²⁾。

《結 論》

骨シンチグラフィの全身像を撮像する場合、投与から撮像までの時間が2時間でも異常集積を診断することは可能と考えられる。

《文 献》

1) K. Nakajima et al. Role of bone scan index in the prognosis and effects of therapy on prostate cancer with bone metastasis: Study design and rationale for the multicenter Prostatic Cancer Registry of Standard Hormonal and Chemotherapy Using Bone Scan Index (PROSTAT - BSI) study. *Int J*

Urol. 2018 May;25(5):492-499.

- 2) K. Nakajima et al. Bone scan index: A new biomarker of bone metastasis in patients with prostate cancer. *Int J Urol.* 2017 Sep;24(9):668-673.
- 3) Reza M et al. A prospective study to evaluate the intra-individual reproducibility of bone scans for quantitative assessment in patients with metastatic prostate cancer. *BMC Med Imaging.* 2018 May 4;18(1):8.
- 4) M Urano et al. Diagnostic utility of a computer-aided diagnosis system for whole-body bone scintigraphy to detect bone metastasis in breast cancer patients. *Ann Nucl Med.* 2017 Jan;31(1):40-45.
- 5) T Van den Wyngaert et al. The EANM practice guidelines for bone scintigraphy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2016 Aug;43(9):1723-38.
- 6) 株木重人, 初川雄一. 核医学臨床応用へ向けた電子飛跡検出型コンプトンガンマ線カメラの現状と展望. *臨床核医学* Vol.53 No.4, 2020年
- 7) K Abe et al. Comparison of 18FDG-PET with ^{99m}Tc-HMDP scintigraphy for the detection of bone metastases in patients with breast cancer. *Ann Nucl Med.* 2005 Oct;19(7):573-9.
- 8) M S Soloway et al. Stratification of patients with metastatic prostate cancer based on extent of disease on initial bone scan. *Cancer.* 1988 Jan 1;61(1):195-202.
- 9) R Shintawati et al. Evaluation of bone scan index change over time on automated calculation in bone scintigraphy. *Ann Nucl Med.* 2015 Dec;29(10):911-920.

学会報告

行ってよかった第60回日本核医学会学術総会 in 神戸

辻川 哲也 TSUJIKAWA Tetsuya

第60回日本核医学会学術総会、第40回日本核医学技術学会総会学術大会は、会長の千田道雄先生、長木昭男先生のもと2020年11月12日から11月14日に神戸国際会議場、神戸国際展示場1号館にて現地+Webのハイブリッドで開催されました。

2020年は新型コロナウイルス感染の影響で多くの学会や研究会がWeb開催となり、個人的には約1年ぶりに学会の現地会場に向かいました。総会には毎年演題を出して参加することにしてはいますが、今回はコロナ第3波のなか北陸から神戸に向かうのを少しためらっていたのが実状です。例年は総会での発表・勉強・情報交換などに加え、



その開催地の観光やイベントを満喫することを目標にしていました。2018年(那覇市)には火災前の夜の美しい首里城を訪れ、2019年(松山市)には学会終了後に個人的に大ファンである四国最強?ロックバンドのライブに参加しました。一方、今回は例年と大きく異なり感染予防の観点から神戸ポートアイランド内のホテルに宿泊し、移動は学会場とホテルとコンビニの往復のみで、学会参加以外の+αはほぼ皆無でした。

それにもかかわらず、今回の学会参加で得られた充実度・満足度は非常に高いものでした。コロナの影響で現地の参加者は例年と比べて少ない印象でしたが、会場では各所に手指消毒のためのアルコール等が設置され、シンポジウム等の会場では座席間隔を広めにとり換気を行うなどの対策が行われていました。現地会場での発表後、先生方との対面での質疑応答では久しぶりの緊張感と同時に充実感を得ることが出来ました。核医学を愛する者同士が久しぶりに集まり、マスクをしながらですが対面でお話しできたことは最近のモニター越しの会合とは違う新鮮な感覚で英気を養うことができました。また、私が聴講した会場ではWeb参加の先生方の発表や質疑応答も円滑に行われ、学会関係者や座長の先生方がハイブリッド



福井大学 高エネルギー医学研究センター 〒910-1193 福井県吉田郡永平寺町松岡下合月23-3

TEL : 0776-61-8434 FAX : 0776-61-8170 E-mail : awaji@u-fukui.ac.jp

Biomedical Imaging Research Center, University of Fukui



開催にすでに順応している印象を受けました。

会長講演では、旧先端医療センターでのPET研究の歴史やポートアイランド内の企業が(千田先生の)PETを使えるという理由で東京への移転をやめたお話などがとくに印象に残りました。シンポジウムでは、前立腺がん核医学診療の現状(骨シンチやRa-223)に加え神経内分泌癌化に対する

オクトレオスキンの利用やPSMA PETの今後について大変勉強になりました。その他のTheranosticsやAIなどに関する内容も勉強になりました。一般演題では、FLT-PETによる心サルコイドーシスの診断のような「尖った右脳を刺激する」発表もあり、今後も日本核医学会や核医学技術学会から世界に情報発信していけるように



島津社製 乳房／頭部専用PET装置



マンモPETモード ⇒ ボタン一つで自動的にモード変更 ⇒ 頭部PETモード

学会員として努力しようと思いました。機器展示では、島津製作所の「頭部・乳房用TOF-PET装置」に注目しました。これまでの乳房専用PET「エルマンモ」と比べ、この装置はモードを切り替えることで1台で頭部と乳房の両方を検査出来るものです。特にうつ伏せで片方の腕を下ろして乳房を撮影する際に、口径が比較的に広いので腋窩リンパ節の評価(近接撮像)も可能と思われます。私の施設では乳癌患者に対しエストロゲン受容体のFES PET/MRIを行っています。その大きな目的の一つに乳癌腋窩リンパ節転移の広がりや個数を調べるというのがあります。この装置があれば、究極の腋窩リンパ節PETイメージングが可能になるかもしれません。このような「尖った装置」を日本のメーカーが出してくれてくれるのは大変頼もしいです。近畿大学(石井先生)との共同研究が開始されたということで今後の研究成果を楽しみにしたいと思います。私自身は学会で直腸癌PET/MRIの発表を行い、後日、商業誌から発表内容に関する投稿依頼をいただきましたので英文誌への投稿とあわせて準備させていただきます。

さらに今回のハイブリッド開催では、学会終了

後のオンデマンド配信(2020年12月7日～2021年1月6日)がほぼ全ての発表をカバーし充実度をより高めてくれました。現地では各会場でシンポジウム・教育講演・一般演題・受賞講演などが並列で行われるため、どうしても聞きたいもの全てを網羅することは出来ません。その後のオンデマンド配信では聞きたかった他の講演も聴くことができるので、帰ってからでも総会を楽しめました。そしてもう一つ、現地で発表した自分の口演をあとで聞くことができるので、その発表を自分自身で客観的に評価し改善点が見つかるという利点もありました。これは意外と盲点かもしれません。

このような参加者にとって「2度おいしい」ハイブリッド開催が、その費用や手間を少しでも抑えることができ今後のスタンダードにもしなるならば、これは学会員にとってこの苦しいコロナ禍における大きな産物になると思います。

最後になりましたがこのような素晴らしい総会を無事開催していただきました千田先生、長木先生をはじめ学会関係者の方々に深くお礼を申し上げます。

連載

医療未来学から覗く未来の医療
Vol.1. 診察室に医師が居なくなる日

The future in medicine from a medical futurologist's perspective

Vol.1: The day when no human doctors are in the medical examination room

奥 真也 OKU Shinya

埼玉医科大学総合医療センター放射線科 客員教授

Key Words : medical futurology, AI doctors, medical examination room

《医療未来学》

未来の医療はどうなるのか。例えば今から10年後にどのような医療が展開され、病院はどういう様子になっているのか、皆さんは考えてみたことはあるでしょうか。この雑誌の読者は、大多数が病院で実際に医療を担当しているか、あるいは企業のかたか、でしょうか。いずれにしても日々医療に接し、医学に造詣のある方ばかりなので、未来の医療について考えることはあるのかもしれませんが。

私は核医学出身の放射線科医で、2000年代の初めの頃は大学病院でPETの研究をしていました。その後、医療情報学の分野に転じ、医療情報の標準化に関する仕事をいくつか経験し、また、産官学連携事業に携わることもありました。その後、工学系の大学教員を経て、2012年に民間企業に移りました。製薬、医療機器企業、薬事(薬や医療機器の承認に関すること)のコンサルティング会社などに在籍して、病院に居た頃とは別の方向から医療を見ることになりました。こうやって医療を様々な角度から観察する機会を得たことによっておぼろげに「見えてきた」医療の現状、そして、未来の医療に次第に興味を持つようになり、この数年は多くの時間をその観察に費やしています。

この連載では、「医療未来学」(medical futurology)の立場から2030年、そして2040年に実現すると思われるいくつかの「未来の医療」の部品をご紹介していきたいと思います。医療未来学とは、医学、医療のみならず、他の科学や経済学、社会学、医療に関する制度論…等、様々な観

点から医療技術やサービスを分析し、総合的な視点で医療の未来像を論じるものです。

初回は、診察室に医師が居なくなる日について記したいと思います。

《AI活躍の本線は…》

AI(Artificial Intelligence, 人工知能)が放射線科医を不要なものにしてしまう…いや、放射線科のレポートだけでなく病理診断も同じ運命らしいよ…皆さん、そういう話をたくさん聞いていると思います。この雑誌の読者は放射線科とは縁が深い方が多いと思いますので、こういうニュースに先行きの不安感を煽られることもあるのかと想像します。——しかし実際には、放射線や病理に関するAIの活躍は、わかりやすい先例に過ぎないのです。つまり、人間から見て、コンピューターやその有力な手法の一つである深化学習(deep learning)の応用がしやすかったのが放射線や病理であったということです。(注:とはいえ、この分野は前途有望なので、連載の後半で触れたいと思います。)

さて、今後、AIはもっと広い医療分野において、どんどんと人間医師を脅かしていきます。いや、実は「脅かす」という語彙は適切ではないかもしれませんが。なぜなら、「脅かされる」と感じるの、現在の仕事を追われるのではないかと危惧する人間医師や人間診療放射線技師、人間臨床検査技師…の側の事情です。多くの方は、むしろ人間からAIへの置き換えりの受益者であるのです。AI医師によって提供される医療サービスが人間医師

埼玉医科大学総合医療センター放射線科 〒350-8550 埼玉県川越市鴨田 1981

TEL : 049-228-3516

Department of Radiology, Saitama Medical Center, Saitama Medical University

の提供するものよりも質が高いと、そういう現象が生じます。

昨秋に上梓した拙著「未来の医療年表～10年後の病気と健康のこと」（講談社現代新書）では、これから医療の世界に起こることについて具体的に記載しています。どの年代にどういう病気が克服され、どういうことが起きるか、ここに一部をお示しします。

- 2030 AI診療が主流に
- 2032 AI医師法が制定される
- 2035 がんの大半が治癒可能に
- 2040 糖尿病解決

診察室の風景として描かれる絵では、いつも患

者さんと医師が向き合っています。看護師さんがそばにいることもあります。患者さんと医師の間にじゃまっけにも見える電子カルテが介在したり、カルテの記載をするための入力補助者が居たりすることもあります。医師が居ない、ということはありません。そんな絵を描くプロのイラストレーターがいたら次からは仕事ももらえないかもしれません。

ところが、これから10年先——診察室には医師はいません。厳密に言う、いないのは人間医師であり、AI医師が患者さんの傍らにいて、問診をとったり、バイタルサインをチェックしていたりするでしょう(図1)。でも、今我々が当たり前だと思っている人間の医師はその場には必要ないのです。2030年。今からおよそ10年かけて、AI



図1 未来の診察室

表1 自動運転のレベルと責任範囲

	レベル	車の監視者	技術レベル	利用例	事故責任(自賠責法)
運転支援	レベル1	ドライバー	運転支援	自動ブレーキ	ドライバー
	レベル2	ドライバー	特定条件下での自動運転	車線を維持しながら前のクルマに付いて走る	ドライバー
自動運転システム	レベル3	システム(作動継続が困難な場合は運転者)システム	条件付き自動運転	システムがすべての運転タスクを実施するが、システムの介入要求などに対してドライバーが適切に対応することが必要	ドライバー※
	レベル4	システム	特定条件下における完全自動運転	限定地域での無人自動運転移動サービス	ドライバー※
	レベル5	システム	完全自動運転	常にシステムがすべての運転タスクを実施	今後議論の必要がある

※自動運転レベル3.4については、従来の運行供用者責任を基本としつつ、たとえばシステムの不具合などを原因とする事故の場合は保険会社が自動車メーカーなどに対して求償していくことが適当であると結論付けられました。(チューリッヒ保険会社webサイトより一部参照、2020年2月執筆現在)

診療はどんどんと進化し、実用化されていきます。実務のほとんどはAI医師が担当し、人間医師は情報を確認する存在になることが強く予想されます。AIの医療行為を人間が責任を取ることに限界があり、人間からブラックボックスになって見えないAI独自の診断行為について、十分に確認しないでOKを出すということはできるものではありません。実診療においてAIが担う部分が大きくなればなるほどその状況は顕著になり、AI医師を束ねて人間医師が統括し、責任を取るというような過渡期のモデルは成り立たなくなります。

《AI医師法と自動運転》

これこそがAI医師法の誕生です。AI医師法は人間医師とAI医師が業務と責任を分担し、

真の共同作業をするようになるために必須の存在なのです。この状況は、自動運転と酷似しています。自動運転されていた車が事故を起こし、誰かが死んだとします。その死について責任があるのは、自動運転の車を作ったメーカーなのか、監視するために運転席に座っているドライバーなのか…

自動運転の話を少し続けます。国土交通省は2016年11月、「自動運転における損害賠償責任に

関する研究会」を設置しました。同研究会は2018年3月に報告書を出しています。

その中で自動運転では、用いられる技術の「自動」の度合いに応じて、レベル1から5までの5段階に分けられています(表1)。レベルは2つに大別できます。すなわち、ドライバーによる監視が必要なレベル1-2と、人は中心ではないレベル3-5です。よく話題になる自動運転事故の責任の所在について同研究会では、この報告書発表後の検討で、自動運転レベル3-4でシステムの不具合などが原因である事故では、保険会社が自動車メーカーに求償可能、という踏み込みもされています。システムを提供する側により大きな覚悟を求める内容と言えます。

医療に置き換えてみたとき、レベル3では助っ人人間医師がいつでも交代できるようにスタンバイしています。レベル4では手術や処方などの大きな目のプロセスをAI医師に任せるけど、全体のコーディネートは人間がやる、という状況です。そして、いよいよレベル5では、人間医師は診療の表には出て来ません。システムの作成には人智が活かされているとしても、現場はコンピューター、AIによって完全に仕切られます。そういう風景を想像できないかもしれませんが、病院の中で、かつては人間が居たところに人間は居なくなっている例はいくらでもあります。顕微鏡で血

球を数えたり測定機器を動かしたりする人が居なくなつた検体分析室，電子カルテに置き換えられたカルテ保管庫…。挙げればキリがないことがわかるでしょう。診察室からも医師はキリのように消えていきます。

この稿では，AI医師全盛時代における責任の所在を決めつけることは意図していません。今後AIが主流になる診療現場でこういう状況を突き詰め，ルール整備していくことが必須であることを指摘しておきたいと思います。

《診察室を明け渡した人間医師はどこへ行く》

診察室を聖域と思っていた人間医師は，どこへ行けばいいのでしょうか。職場の後輩に指導していたつもりが，いつか自分より見事な手技を披露する後輩の手術テクニックに唾然とするように。あるいは，まだまだだと思っていたのに，子どもたちの料理の腕がめきめき上がって，台所の主役を奪われて呆然とする親たち(私?)のように。

私は今後の医師は，「医療を創りだす人」と「患者さんに寄り添う人」に二分すると予想しています。もちろん，過渡期には第三の存在として，外科医を代表とする「コンピューターがまだできない医療プロセス」を担当する医師は活躍し続ける

と思います。でも，コンピューターができる守備範囲は日進月歩。どんどん広がっていくので，第三の役割が減っていくのは自明のことだと思えます。

なお，この重要なテーマは，これからどのような医師になろうかと考えている若い医師，医学生世代，そして，これから医学部を目指す世代の皆さんには特にじっくりと考えてほしく思っています。そのための未来医療の案内書を今書いています。春先には出版できるように準備中です。

今回は，2008年の変曲点を経て更に進化中の遺伝子解析技術がもたらす世界観について，デビッド・シンクレア教授の「LIFESPAN 老いなき世界」(東洋経済新報社)の内容にも触れながらお話ししたいと思います。急速な医学の進歩にジーンとするかもしれません。

《参考文献》

Die 革命～医療完成時代の生き方

奥真也 大和書房 2019年2月

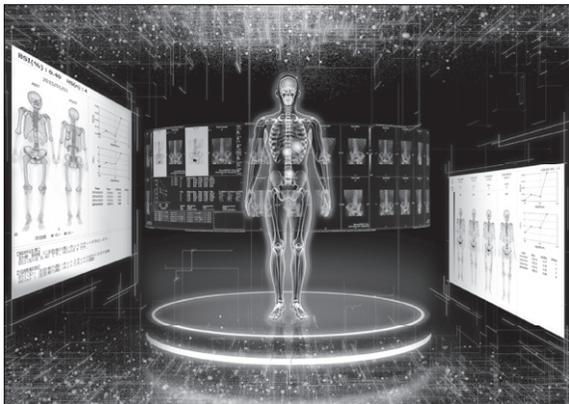
未来の医療年表～10年後の病気と健康のこと

奥真也 講談社現代新書 2020年9月

編集後記

本号より，「医療未来学から覗く未来の医療」の連載を開始した。著者の奥真也先生は，東京大学医学部を卒業後，核医学の世界に入り臨床と研究に従事された後，会津大学先端情報科学研究センター教授になられたが，その後ビジネスの世界に転身され製薬会社，薬事コンサルタント，医療機器メーカーなどに勤務されている。医療業界の様々な分野の水面下で行われている事情もご存知なことから，これから起こり得る未来医療のイメージが浮かんでくるのだと思う。私たちは既存の狭い世界の中で生きてると新しい世界を知ったり，新しいやり方に変えたりすることは難しくなる。しかし，もう少し先の未来が見えていればそれに向かって前進しようとするかもしれない(こういう未来になるなら，今からこうしておいた方がよいであろう)。私は奥先生の近著2編を読み，医師がこれからどのような診療をすべきかについて多くのヒントを頂き，発想の転換を図っているところである。この連載では同著書の内容をベースに放射線医療従事者向けにわかりやすく説明頂けると思う。特に放射線診療の未来がどうなるのかは興味深いところである。約1年継続するので多くの方に読んで頂き，それぞれの立場で未来の医療を考え，現在の医療を見直してもらえれば幸いである。

(編集委員長)



nihon
medi+physics

処方箋医薬品^(*)
放射性医薬品・骨疾患診断薬

薬価基準収載

クリアボーン®注

放射性医薬品基準ヒドロキシメチレンジホスホン酸
テクネチウム (^{99m}Tc) 注射液

注) 注意-医師等の処方箋により使用すること

■効能・効果、用法・用量、警告・禁忌を含む使用上の注意等は、添付文書をご参照ください。

®:登録商標

弊社ホームページの“医療関係者専用情報”サイトでSPECT検査について紹介しています。

<https://www.nmp.co.jp> 2019年11月作成

資料請求先



日本メジフィジックス株式会社

〒136-0075 東京都江東区新砂3丁目4番10号

製品に関するお問い合わせ先 ☎ 0120-07-6941

核医学装置QC用線源

装置のデータ精度に心配ありませんか？

ガンマカメラ検出器
精度管理用線源



⁵⁷Co 370MBq

PET検出器用校正線源



⁶⁸Ge

ドーズキャリブレーション用
チェック線源



⁶⁸Ge 37MBq

お問合せ・ご注文は



公益社団法人
日本アイソトープ協会
Japan Radiotope Association

〒113-8941
東京都文京区本駒込2-28-45

医薬品・アイソトープ部 放射線源課 TEL: 03-5395-8031 FAX: 03-5395-8054

製品輸入元

株式会社 千代田テクノル **TECHNOL**

〒113-8681
東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル
URL: <http://www.c-technol.co.jp>
e-mail: ctc-master@c-technol.co.jp



放射性医薬品／神経内分泌腫瘍診断薬

処方箋医薬品[※]

薬価基準収載

オクトレオスキャン[®] 静注用セット

Octreoscan[®] Injection

インジウムペンテトレオチド (¹¹¹In) 注射液 調製用

[※]注意－医師等の処方箋により使用すること。

【禁忌（次の患者には投与しないこと）】

本剤の成分に対し過敏症の既往歴のある患者

【効能又は効果】

神経内分泌腫瘍の診断におけるソマトスタチン受容体シンチグラフィ
（効能又は効果に関連する使用上の注意）

神経内分泌腫瘍（NET）であってもソマトスタチン受容体（SSTR）を発現していない場合は検出できないことに留意すること。また、インスリノーマについてはSSTRの発現が他のNETに比べて少ないため、本剤により検出できない場合があることに留意すること。

【用法及び用量】

1. インジウムペンテトレオチド (¹¹¹In) 注射液の調製

バイアルAの全量をバイアルBに加えて振り混ぜた後、常温で30分間放置する。

2. ソマトスタチン受容体シンチグラフィ

通常、成人には本品111MBqを静脈内投与し、4時間後及び24時間後にガンマカメラを用いてシンチグラムを得る。必要に応じて、48時間後にもシンチグラムを得る。投与量は、患者の状態により適宜増減する。

必要に応じて、断層像を追加する。

【使用上の注意】

1. 慎重投与（次の患者には慎重に投与すること）

腎機能障害を有する患者（本剤は主に尿中に排泄されるため、被曝線量が増加する可能性がある。）

2. 重要な基本的注意

(1) 診断上の有益性が被曝による不利益を上回ると判断される場合にのみ投与することとし、投与量は最小限度にとどめること。

(2) オクトレオチド酢酸塩等のソマトスタチンアナログによる治療が行われている患者においては、本剤の腫瘍への集積が抑制され、診断能に影響を及ぼす可能性が考えられるため、オクトレオチド酢酸塩等の休薬を検討することが望ましい。なお、休薬することにより離脱症状が発現する可能性があるため、休薬の要否及び休薬期間は、患者の状態及び使用製剤を考慮して決めること。休薬する場合は、患者の症状の変化に十分注意すること。

3. 副作用

承認前の臨床試験における安全性評価対象症例（国内第Ⅲ相試験＋国内追加第Ⅲ相試験）63例中、副作用は7例（11.1%）8件に認められ、主な副作用は、潮紅2件（3.2%）、ほてり2件（3.2%）であった。

また、海外で行われた臨床試験における安全性評価対象症例365例中、副作用は1例（0.3%）に潮紅、頭痛、各1件が認められた。

その他の副作用

以下のような副作用があらわれた場合には、症状に応じて適切な処置を行うこと。

	0.1～5%
精神・神経系	頭痛
血管障害	潮紅、ほてり
その他	熱感、ALT増加、AST増加

【承認条件】

医薬品リスク管理計画を策定の上、適切に実施すること。

※その他の使用上の注意等は添付文書をご参照ください。

製造販売元

富士フイルム 富山化学株式会社

資料請求先：〒104-0031 東京都中央区京橋 2-14-1 兼松ビル
ホームページ：http://fftc.fujifilm.co.jp

TEL 03(5250)2620

輸入先：Mallinckrodt Medical B.V.(オランダ)

2018年10月作成

Canon

それは未来を見据えた高画質。
PET-CTは、いまデジタルを纏う。



キヤノンメディカルシステムズは、将来にわたって幅広いニーズに応えるため、高画質と高い汎用性を併せ持つPET-CTを開発しました。

最新技術を惜しみなく投入することで高画質と低被ばくを実現するとともに、医療従事者の安全や病院経営まで貢献します。

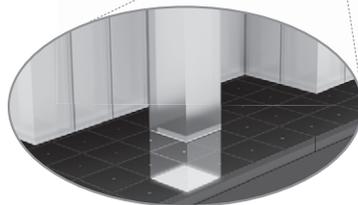
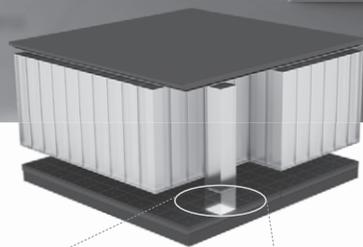
最先端の技術をもっと多くの人に、

新デジタルPET-CT Cartesion Prime 誕生です。

次世代デジタルPET-CT

Cartesion Prime

【販売名】PET-CTスキャナ Cartesion Prime PCD-1000A 【認証番号】301ACBZX00003000



New Digital PET Detector

キヤノンメディカルシステムズ株式会社 <https://jp.medical.canon>

Made For life

放射線診療研究会会長 橋本 順
〒259-1193 神奈川県伊勢原市下糟屋143 東海大学医学部専門診療学系画像診断学
臨床核医学編集委員長 百瀬 満 (発行者)
〒162-0033 杉並区清水2-5-5 百瀬医院 内科・循環器内科
TEL. 03-5311-3456 FAX. 03-5311-3457 E-mail: momose.mitsuru@twmu.ac.jp
臨床核医学編集委員 井上優介, 内山眞幸, 波田伸一郎, 高橋美和子, 橋本 順, 丸野廣大,
南本亮吾, 百瀬敏光

2021年3月20日発行