

特別講演要旨

9月11日(木)

1S01 A会場

9月12日(金)

2S01 A会場

核医学 (Nuclear medicine) はともすれば Unclear medicine などと揶揄されたりするが、うまく利用すれば、CT、MRI、超音波などの他の画像診断にまさるとも劣らない威力を発揮する。PET/CT や SPECT/CT の登場以来その利用頻度を見ても明らかであるが、それ以外の古い核医学検査でも知ってさえいれば非常に役立つ場合がある。この講演では「核医学検査及び治療の最前線」を実際の症例を交えながら概説する。核医学検査及び治療の有用性を知っていたければ幸いである。

核医学検査にはすべての臓器に対してそれぞれ検査があり、すべての検査の解説をすることは時間制限があり、難しいが、今回の講演では、腫瘍、脳、心臓の検査を中心に特に腫瘍核医学について概説する。

核医学による癌の診断には、他の検査にない特徴があり、様々な臨床の現場で利用されている。特に PET 検査は、2002 年 4 月から 12 疾患 (てんかん、虚血性心疾患、肺癌、乳癌、大腸癌、頭頸部癌、脳腫瘍、膵癌、悪性リンパ腫、転移性肝癌、原発不明癌、悪性黒色腫)、2006 年 4 月からさらに 3 疾患 (食道癌、子宮癌、卵巣癌) の保険適応が認められてから急速に普及し、癌診療の大きな柱の一つになった。2006 年 4 月から PET/CT (PET 装置にマルチスライス CT 装置が一体化されたもの) としても保険適応が認められ、PET および PET/CT は今や医療の世界においてなくてはならない存在になっている。また、2005 年秋より 18F-FDG (フルオロデオキシグルコース) の商業配給により、PET カメラのみを持っている施設でも保険適応が認められようになっている。保険適応はないがこの 18F-FDG PET や PET/CT で癌検診 (自由診療) をしている病院やクリニックも多くみられるようになってきている。2010 年 4 月からは診療報酬の改定により、PET および PET/CT は悪性腫瘍 (早期胃癌を除く) の病期診断または転移・再発診断に保険適用されたので、さらに検査の数が増えている。2012 年 4 月からは心サルコイドーシスにおける炎症部位の診断が必要とされる患者や悪性リンパ腫の治療効果判定が追加された。

核医学による診断はうまく利用すれば非常に威力を発揮する。悪性腫瘍の診断や病期分類のためばかりでなく、治療方針を決定する際 (手術、放射線治療、化学療法など) や、再発転移の診断にも大きな重要な役目を果たしている。放射線治療のプランニングにも重要な役目を果たし、脳血流検査では認知症、脳血管障害等の診断に重要な役目を果たす。また虚血性心疾患のスクリーニングにも重要な役目を果たしている。

核医学治療では、甲状腺癌、甲状腺機能亢進症における  $^{131}\text{I}$  内用療法は 50 年以上の歴史がある非常に有効な治療法である。転移性骨腫瘍疼痛緩和に利用される  $^{89}\text{Sr}$  (メタストロン) による内用療法、B 細胞性非ホジキンリンパ腫に対する  $^{90}\text{Y}$  (ゼヴァリン) による内用療法、前立腺癌に対する  $^{125}\text{I}$ -seeds (OncoSeed) による小線源治療が日本では保険適応になっている。さらに、保険適応はないが神経芽細胞腫や褐色細胞腫に対する  $^{131}\text{I}$ -MIBG 内用療法、脳腫瘍や悪性黒色腫に対するホウ素中性子捕捉療法 (Boron neutron capture therapy: BNCT)、神経内分泌腫瘍に対する  $^{177}\text{Lu}$ -octreotate、転移性骨腫瘍疼痛緩和に対する  $^{153}\text{Sm}$ -EDTMP (Quadramet)、 $^{223}\text{Ra}$  (Xofigo) 等が国内外で行われている。時間が許せばそれらについても述べる。

本講演では、核医学による診断、治療の有効性を示し、よりよい医療を行うためにいかに核医学を利用すべきかについて解説する。

PET という最近では  $^{18}\text{F}$ -FDG PET を指すことが多いが、糖の代謝をみる  $^{18}\text{F}$ -FDG PET では炎症や良性腫瘍にも集積することも少なくない。実際の診療の現場では、 $^{18}\text{F}$ -FDG PET や PET/CT のみからは診断がつかないことも多くある。 $^{18}\text{F}$ -FDG PET や PET/CT 検査に対するよくある誤解や限界についても述べる。名大病院では、従来から行っている  $^{18}\text{F}$ -FDG 以外にも、 $^{11}\text{C}$ -メチオニン、 $^{11}\text{C}$ -コリン、 $^{18}\text{F}$ -FDOPA、 $^{18}\text{F}$ -FACBC ( $^{18}\text{F}$ -NMK36)、 $^{18}\text{F}$ -fluoride、 $^{18}\text{F}$ -FLT (fluorothymidine) などを使った PET および PET/CT 検査も行っているが、時間が許せばそれらについても解説する。

SPECT 検査では、 $^{201}\text{Tl}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{123}\text{I}$ -MIBG (meta-iodobenzylguanidine)、 $^{131}\text{I}$ -MIBG、 $^{131}\text{I}$ -アドステロール、 $^{123}\text{I}$ -IMP (N-isopropyl-p- $^{123}\text{I}$ -iodoamphetamine)、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -hexamethylprophylene amine oxime)、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ethyl cysteinate dimer)、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI (methoxyisobutyl isonitrile)、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP (methylenediphosphonate)、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMDP (hydroxymethylenediphosphonate) 等を使った SPECT、SPECT/CT 検査について解説する。

J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex. 参照 <http://j-parc.jp>)は、素粒子物理、原子核物理、物質科学、生命科学、原子力など幅広い分野の最先端研究を行うための陽子加速器群と実験施設群の呼称である。J-PARC の最大の特徴は、1 MW(目標。3 GeV の陽子ビームで 333  $\mu$ A)という世界最高クラスの陽子ビームから生成する中性子、ミュオン、K 中間子、ニュートリノなど二次粒子ビームを利用した研究ができることにある。高エネルギー加速器研究機構(KEK)と日本原子力研究開発機構(JAEA)の協力により、2008 年に東海の原子力科学研究所内に第一期施設が完成した。初ビーム時の 20 kW から次第にビーム強度を上げ、2011 年の東日本大震災によって中断を余儀なくされたが、今秋からは 500 kW ビーム運転が予定されている。

施設の中でも物質・生命科学研究施設(MLF: Materials and Life Science Experimental Facility)では、高強度のミュオンと中性子ビームを利用した研究施設で、ミュオン施設は現在 2 ポート、中性子施設は 24 のビームポートがあり、多くの研究課題が平行して実施されている。

ミュオン科学研究施設(MUSE: MUon Science Establishment)では、3 GeV 陽子を黒鉛ターゲットに照射して $\pi$ 粒子を作り、それが壊変してできる世界最高強度のミュオンビームを利用することができる。物質科学のユニークな研究手法である $\mu$ SR 法で物質科学研究が行われるとともに、最近では停止したミュオンを再加速して任意の運動エネルギーをもったミュオンビームを生成してミュオンの応用範囲を飛躍的に拡大する超低速ミュオンポートの建設が行われている。またミュオンを利用した大規模素粒子物理実験や原子物理のための開発研究も盛んである。化学者は多くはないが、ミュオン X 線を利用した非破壊元素分析や $\mu$ SR 研究が行われている。

中性子施設では、陽子ビームを水銀ターゲットに照射することにより核破碎中性子を発生させている。高速の中性子から低温水素で冷却することにより超低温中性子まで広いエネルギー範囲をもつ中性子ビームを利用することができる。多くは中性子散乱実験ポートであって高圧や低温など広い試料環境で研究が行われている。特に水素が大きな中性子散乱振幅を持つことを利用して、X 線回折では測定が困難な結晶中の水素位置の解明には大きな威力を発揮し、酵素などの生体物質の研究が行われている。中性子施設の 4 番ポートは ANNRI (Accurate Neutron-Nucleus Reaction measurement Instrument)と名付けられ、多数の Ge 検出器を配置した核分光装置であるが、中性子ビームを用いた即発 $\gamma$ 線分析が可能である。従来行われてきた原子炉中性子や原子炉中性子ビームとは異なる特徴を持った分析法の開発が進められている。

演者は 2008 年から MUSE の建設と施設整備に関わるとともに、ミュオンを使った研究、特に世界的にも MUSE 以外では実施困難なミュオン X 線による非破壊元素分析法の開発を行ってきた。講演では MLF を中心として施設と研究の現状を紹介するが、MLF の施設の多くは共用施設であり、また一部は大学共同利用となっている。この世界的にユニークな施設において、すでに行われている研究を含みつつ、それらを超える新しい発想に基づく研究を積極的に行う若人の参入を期待し、その端緒となることができれば幸甚である。