

[研究紹介]

画像診断・放射線腫瘍学

本 折 健 宇 野 隆

I. はじめに

当教室は昭和29年に千葉大学医学部放射線医学講座として開講された。初代の笈 弘毅教授, 二代目有水 昇教授, 三代目伊東久夫教授, そして平成24年から四代目の現体制へと引き継がれている。医学研究院では「千葉大学大学院医学研究院のグランドデザイン将来構想」に基づき, 平成24年度に講座が再編された。これまでの研究領域を中核研究部門と先端研究部門の大きく2つに分け, 「放射線医学」は先端研究部門の1講座となり正式名称は「画像診断・放射線腫瘍学」となった。教室の教育, 診療, 研究の体制については従来通りであり, 附属病院の診療科名は「放射線科」のままである。現在, 教室として取り組んでいることは, 基礎研究を生かした新たな臨床研究の推進, 附属病院における各診療科と連携した臨床研究, 卒前卒後の放射線医学教育の充実などである。

II. 教室における研究の変遷

画像診断・放射線腫瘍学はその名の通り主として画像診断 (CT, MRI, PETなどの形態・機能診断およびIVRなどによる低侵襲治療) と放射線治療 (高精度外部照射線治療, 小線源治療およびRI治療) の二本柱で成り立っている。放射線医学は従来から画像診断学, 放射線治療学, 核医学の異なる3つの部門で構成されてきたが, 教室における診療・研究・教育の内容も, 時代と共に大きく変化してきた。笈教授の時代は, 核医学が

放射線医学の中で最も先進的な進歩の著しい領域であり, 当教室は多くの業績を上げ我が国の核医学診療の中心となっていた。有水教授は笈教授から一般核医学診療の伝統を受け継ぐと共に, 全国に先駆けて附属病院に導入されたPETとMRIを駆使して, PETやMRIによる診療でも我が国の中心的役割を果たしてきた。伊東教授は, 大学院大学への移行, 国立大学の法人化, 研修制度の改革など医療を取り巻く大きな変化に対応した教室運営を行った。最近10年では附属病院の診療機器を全国トップレベルまで整備し, 診療レベルの向上をもたらすとともに, 放射線医学総合研究所など近隣の基幹施設と連携して放射線生物学における多数の業績を残した。今日では, 全国的な動向として核医学を画像診断と位置付け, 「放射線医学」を画像診断と放射線治療の2部門とする考えが主流になってきている。これに伴い, 日本医学放射線学会の専門医も放射線科専門医1種類から, 放射線診断専門医と放射線治療専門医の異なる2種類の専門医に分けられた。教室の現在の使命は, 画像診断学, 核医学, 放射線治療学と多岐にわたる専門分野を偏ることなく発展させ, 新しいものを創造し, 社会や他の研究者に還元し, 学生や若手医師を育成することである。

千葉大学における放射線医学は, 大学院の各研究室, 各診療科, さらに地理的に密接な関係にある放射線医学総合研究所などとともに, 放射線医学に関する幅広い基礎的研究, 臨床研究を行うことで研究成果をあげてきた。大学院医学研究院では放射線生物学を主体に研究が行われ, 附属病院では各診療科と協力して集学的治療としてのが

千葉大学大学院医学研究院画像診断・放射線腫瘍学

Ken Motoori and Takashi Uno: Introduction of the Department of Diagnostic Radiology and Radiation Oncology, Department of Diagnostic Radiology and Radiation Oncology, Graduate School of Medicine, Chiba University, Chiba 260-8670.

Phone: 043-226-2100. Fax: 043-226-2101. E-mail: unotakas@faculty.chiba-u.jp

ん放射線治療，さらに放射線診断では各診療科の臓器別画像診断に精通した臨床医とも協力して，診療・研究に貢献してきた。放射線医学は，研究領域の特性により研究範囲や方法が多彩であり，多くの基礎医学講座，診療科，工学系と幅広く有機的な共同研究を行う体制が求められている。また，他の様々な診療・研究部門に対して，診療や研究の機会，場所，方法，データなどを提供し，各部門に全面的に協力する役割を担っている。放射線診断学では，画像を用いての病態や生理機序の解明，新しい診断方法の確立をめざし，画像診断技術の開発と臨床応用に関する研究を行っている。放射線治療学では，放射線生物学を中心とした基礎研究，物理工学を取り入れた最先端の治療技術開発，そして臨床腫瘍学の一端としてのがん放射線治療学に関する臨床研究を行っている。放射線診断学，放射線治療学ともに診療機器に依存した診療や研究のみではなく，それぞれが別々に幅広いテーマを扱っている。

Ⅲ. 現在の主な研究内容について

近年，科学技術の進歩とともに画像診断（CT，MRI，PETなどの形態・機能診断およびIVRなどによる低侵襲治療）と放射線治療（高精度外部照射線治療，小線源治療およびRI治療）の両分野ともめざましい進歩がある。教室ではそれぞれの分野で専門医を擁し，臨床・研究・教育に積極的に取り組んでいる。

1) 画像診断学分野

画像診断では，医学部附属病院に整備された最新のMDCTや高磁場MRI（図1），PETなどを用いた最先端の臨床研究を行い，診断能の向上により各診療科と地域医療に貢献してきた。今日では日常検査となった拡散強調画像の体幹部への応用は，当教室の発案から体幹への応用が可能となったものである。拡散強調画像とは生体内におけるプロトンのランダムな動きを画像化する方法である。このモデルはプロトンの確率密度は正規分布をすとの前提があるが，実際の生体内においてはプロトンのランダムな動きの確率密度は正規分布とはならない。生体を構成する細胞壁や細



図1 G. E. 社製3テスラMRI装置
(Discovery MR750)

胞膜，髄鞘や神経線維などの構造により，プロトンの動きは大部分もしくは一部が制限されて，画像のコントラストや定量値に反映される。この動きが制限される事象を対象とした場合には制限拡散という用語を用いる。この制限拡散を表現する方法の一つに拡散テンソル画像（diffusion tensor imaging: DTI）がある。これは拡散の異方性があるとの前提で画像を解析するものであり，方向による偏りを表現できる。脳白質繊維に沿った異方性を3次的に表現する脳tractography等として近年応用が進んでいる。ただし，制限拡散の原因となる構造の大きさ，その程度，ばらつきについては表現できない。また拡散異方性を表現する為に用いられているモデルが，拡散確率密度が正規分布するという前提であるため，正確に拡散現象を表現しているとは言えない。そこで水分子の拡散変位分布を測定することで制限拡散下におけるその動きを正確に評価するq-空間解析（q-space analysis）が考案された。得られた情報を画像化したものはq-space imaging（QSI）とよばれ，マイクロメートルレベルの構造を対象としておりdynamic NMR microscopyとも呼ばれている。この手法によりプロトン拡散の先鋭度を同時に画像化する事も可能で，拡散尖度像diffusional kurtosis imaging（DKI）と呼ばれている。当教室ではDTIの体幹への応用をはじめとして，フロンティアメディカル工学研究開発センターとの協力により，現行の3T MRIにおいて初めてとなるQSI/DKIのシークエンスプログ

ラムの開発とその臨床応用を目指している。また最近では、拡散強調画像よりも正常組織と腫瘍の境界における細胞密度変化と強い関連を示すとされる T1 rho イメージングを造影 MRI 検査に加えることで、腫瘍の放射線治療応答と正常脳の放射線による影響を早期に予測するための臨床研究を行っている。

2) 放射線腫瘍学分野

臨床研究では、学内はもちろん婦人科悪性腫瘍化学療法研究機構、日本放射線腫瘍学研究機構、また、日本臨床腫瘍研究グループ放射線治療グループの構成員として、喉頭癌に対する加速分割照射法、乳房温存療法後の短期照射、前立腺癌術後照射、子宮頸癌に対する根治的放射線療法など各種がんに対する標準治療確立のための数多くの多施設共同臨床試験に携わっている。また、これらの臨床試験における放射線治療の品質管理にも積極的に関わっている。厚生労働省がん研究助成金による班研究に加わることで、各種がんに対する放射線治療に関する前方視的な臨床試験を実践している。また、同班研究では精度の高い放射線治療を安全に施行していくための全国規模の放射線治療の品質管理、構造調査などを精力的に行ってきた。その結果を基に、アカデミック施設から市中病院に至るまで放射線治療設備、人員などの我が国の配置基準を作成した。この班研究から得られた各種がんに対する診療実態、エビデンスの日常臨床への浸透に関する研究結果を論文や国際学会等で報告してきた。この研究班での活動は、日本における放射線治療全般の品質向上に寄与し得たとともに、医学部附属病院の大型診療機器更新・整備につながった。医学部附属病院における診療では、過去2年間に高精度放射線治療システムを更新し、画像診断技術の進歩を取り入れた定位放射線照射（ピンポイント照射）、4次元CTによる呼吸同期照射、On board imagerによる画像誘導放射線治療システム（平成23年1月に治療開始、図2）、強度変調放射線治療といった、高精度かつ低侵襲な最新の放射線治療が日常診療として実現された。現在、これらの治療技術を用いた投与線量の増加と局所制御率の向上、正常組織に対する障害の軽減、治療期間の短縮など、よ



図2 Varian社製リニアック（CLINAC iX）

り患者のQOLの高い治療方法確立を目指した臨床研究に取り組んでいる。

基礎研究としては、教室の放射線生物学部門と放射線医学総合研究所との連携で、重粒子線を用いた共同研究を経時的に行ってきた。平成15年から、重粒子線の生物学的効果や物理学的線量分布の特性を利用し、ラットの視床下部へ炭素線を照射し、その晩期障害を生殖行動で評価する研究を行った（図3）。また、臨床で病巣近傍の正常脳組織の損傷が比較的長い経過を経て発症することが経験されていたことから、視床下部・大脳皮質などへの限局した放射線照射が学習・自発運動活性、あるいは母性行動に及ぼす晩期障害について動物実験を進めた。最近では、ポジトロンを用いた放射線抵抗性腫瘍における低酸素細胞の画像化についても研究を開始している。これらの基礎的研究は、日常臨床で経験される放射線抵抗性の難治腫瘍に対する新しい放射線治療技術や線量投与方法の開発につながるものと考えている。今後、当教室では放射線医学総合研究所など近隣のアカデミック施設と研究者や設備を共有し、トランスレーショナルリサーチをさらに推進し、新たな研究成果や診療技術を生み出し、先進医療として確立するとともに各診療科の臨床に還元することを目指している。

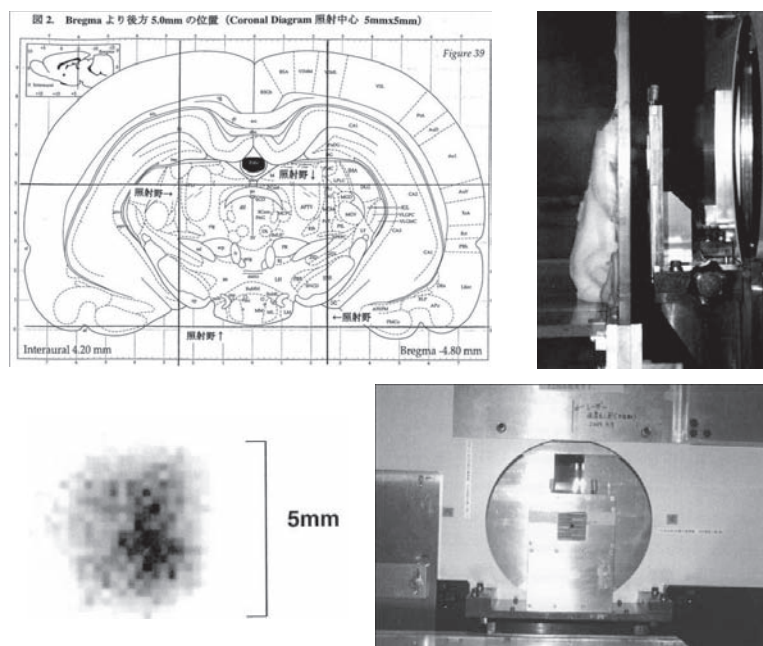


図3 ラット視床下部への炭素線照射とBrain Mapによる照射部位の照合

IV. 終わりに

今日の放射線医学では、新しい技術の開発・導入が重要視される傾向にあります。診療機器の著しい進歩と高機能化、そして社会からのニーズと提供すべきサービスの高度化・多様化により専門性がますます高くなってきています。このような

時代にこそ、機器に頼らない研究、そして個々の疾患と対峙していく姿勢がよりいっそう求められていると思われま。放射線医学は診療・研究の全てにおいて他の基礎医学講座や臨床各科との連携なしには成り立たない分野であります。今後ともご指導の程何卒よろしくお願い申し上げます。