

《イブニング・セミナー I》

シーメンス PET/CT Biograph 診療現場における有用性の検証

巽 光朗, 林田 孝平

(武田病院画像診断センター)

1999年の米国核医学会(SNM)総会において、Townsendら発表によるPET/CT像が“Image of the Year”を受賞したのは未だ記憶に新しい。その後メーカー各社より独自の装置が発表され、今やPET/CTは腫瘍PETの世界標準となりつつある。日本でもついに動き始めたPET/CTではあるが、従来のPETと比較して一体何が優れているのか？

シーメンスPET/CT Biograph LSOでは、PETとCT双方に技術の粋が結集され、3D PETとMD CTの組み合わせにより、検査時間が大幅に短縮された。UCLAのCzerminらによると、一人あたりの検査時間は平均15分以下に短縮されたとのことで、従来のPETが30分程度を要することを考えると約2倍のスループットの向上である。この撮像の短時間化に、CTを用いた吸収補正データの取得が大きく貢献していることも忘れてはならない。

診断面に関して言えば、PETとCTが一体化したことにより同一断面の鮮明なPET、CT、重ね合

わせPET/CT像が撮像直後から得られることが非常に大きく、まさに画像診断の革命である。異常集積の正確な位置の同定が可能となり、集積の良悪性の判定も容易となったことにより、病変の検出や病期の判定に正確性が増した症例も多数経験されるようになった。また、撮像から最終的な画像診断に至るまでのプロセスも大いに短縮、簡素化され、比較のために行われる他の画像検査を抑制できる可能性も考えられる。

武田病院画像診断センターでは、2台のBiograph LSO PET/CT装置を駆使し、検診から実際の癌の診断に至るまで、装置の特徴を最大限に利用した、きめの細かい診療を予定している。

日本における導入がやや遅かったために、宣伝が少し先行している感のあるPET/CTであるが、本セミナーでは米国で豊富な経験を有するユーザーの立場から、シーメンスPET/CT Biographの実際の診療現場における有用性をじっくりと検証したい。

《イブニング・セミナー I》

The Clinical Impact of a High Resolution PET/CT Scanner

David W. Townsend, Ph.D.

Department of Medicine, University of Tennessee

In treatment of malignant disease, early detection offers the best chance of a favorable prognosis. The anatomical identification of lesions by Computed Tomography (CT) has often been used for a differential diagnosis. However, by the time the malignancy has grown enough to be positive on CT, the disease may have entered a stage where successful treatment is either difficult or impossible. As the formation of a tumor can be metabolic or physiologic change, functional imaging can often provide earlier detection than CT alone.

Positron Emission Tomography (PET) and ^{18}F -fluoro-deoxyglucose (FDG) has become widely used for diagnosis and staging of malignancies. State-of-the-art PET scanners offer high sensitivity and good spatial

resolution, but there is a limit to the smallest volume of cancer cells that can be detected. This is based on the performance of the PET scanner and tracer uptake by the cancer cells. Thus, the resolution and sensitivity of the PET scanner is essential in accurate staging.

Fusion imaging with CT and PET offers the best of both worlds. The introduction of the high resolution *biograph 16* PET/CT (spatial resolution ~ 4 mm) is having a significant impact on early diagnosis and staging of malignant disease, identifying and localizing tumor cells below 10 mm in size that might be read as negative on CT. This presentation assesses the clinical impact of the new high resolution PET/CT.

《イブニング・セミナー II》

Current Status and Future Applications of PET/CT

Johannes Czernin, M.D.

Professor of Molecular and Medical Pharmacology
Chief, Ahmanson Biological Imaging Division
David Geffen School of medicine at UCLA

PET/CT technology is advancing at a breath taking pace. The demands for devices consisting of “state of the art” PET and CT systems that allow for high patient throughput need to be met. Among the most exciting developments is the introduction of the LSO (lutetium oxy-ortho-silicate) detector technology into PET/CT. LSO has a higher light output than the conventional BGO detectors and a shorter scintillation decay time resulting in markedly improved count rate capabilities while the physical detector properties of BGO are maintained. Thus, standard FDG doses can be injected and images can be acquired in the 3D mode resulting in improved spatial resolution. This allows to completing PET/CT studies in less than 15 minutes. 3-D image acquisition is however associated with high photon scatter fractions. This is especially relevant in obese patients. Thus, appropriate corrections for photon scatter are mandatory.

To exploit the advantages of the LSO detector technology a weight-based imaging protocol has been developed that allows for very short PET imaging sequences in patients weighing less than 60 kg. The protocol has been validated in more than 50 and has been applied to more than 3000 patients. The results indicate that fast PET imaging protocols yield the same diagnostic information as longer PET emission protocols. Recently, contrast PET/CT studies have been introduced in our

clinic providing “State of the Art” CT image quality. Multi-slice CT scanners have been introduced providing further improvements in anatomical imaging and allow for assessing the entire spectrum of cardiac perfusion and function. These multidetector systems have several advantages. First, CT image quality is markedly improved. Secondly, breath hold protocols, important for oncological and cardiological applications can be performed in all patients. However, the most important application of multidetector PET/CT systems is in cardiology, where non-invasive angiography, coronary calcification, cardiac function and perfusion can be completed in a single session.

PET/CT devices have been introduced to the clinic and are now commercially available. The combination of PET and CT will dramatically change the planning of radiation therapy and the monitoring of surgical, medical and radiation treatments.

The following questions will be addressed during the presentation: Is the diagnostic accuracy of PET/CT superior to that of PET alone? Does PET/CT change patient management? Is PET/CT useful for radiation and biopsy planning? Which subgroup of cancer patients benefits most from PET/CT? Do all or only a few cancer patients benefit from PET/CT? How much intravenous contrast is needed? What are the advantages of using PET/CT for cardiac imaging?

《イブニング・セミナー III》

PET によるがん診療

畑 澤 順

(大阪大学大学院医学系研究科生体情報医学講座(トレーサ情報解析学))

大阪府がん登録における予後調査によると、がん患者の平均 5 年生存率は 30.4% (1975 年) から 41.0% (1990 年) に改善した。10.6 ポイントの改善中、治療法の進歩による改善が 4.0 ポイント、早期診断による改善が 7.6 ポイントと推定され、がん診療における早期診断の重要性が浮き彫りにされた。厚生労働省が提唱する 21 世紀における国民健康づくり運動(健康日本 21)には、がんの一次予防(生活習慣、食生活の改善、運動、禁煙など)、治療法の開発とともに、がんの早期発見を目指した検診の普及と受診率の向上が掲げられている。

悪性腫瘍の画像診断は、PET の普及により全く新しい段階に入った。FDG-PET は腫瘍組織の代謝特性を非侵襲的に画像化するが、形態画像と重ね合わせるにより診断精度は飛躍的に改善する。PET 設置医療機関では、がんの早期診断、治療効果の評価、再発の検索において、すでに中心的役割を担っている。大阪大学医学部附属病院核医学診療科では、年間約 900 件の FDG-PET 検査(週 2 日)を行う。臨床各科は、治療前の病期診断、

治療後 3 ヶ月の治療効果判定、以降 5 年間は 6 ヶ月ごとの再発診断を要望しており、これが今後のがん診療における FDG-PET 検査の標準になると考えられる。当院だけで年間約 20,000 件の検査を行わなければならない。

FDG-PET の限界は、FDG の生理的集積、非腫瘍性異常集積にある。悪性腫瘍との鑑別が困難な場合、より腫瘍集積性の高いトレーサによる 2 次検査が必要になる。今後は、FDG 検査のみを行う PET センターと、サイクロトロン、合成装置、スタッフを備えた“PET センターの中の PET センター”に分化すると思われる。

PET によるがん診療を推進するためには、PET 受診者の予後(平均生存率)が改善されるのか科学的に検証しなければならない。また、がん検診においても、受診者の“がんによる死亡率の減少”効果を立証する必要がある。いずれも、多くの PET 施設が参加する標準化された方法による長期間の大規模追跡調査が必要と考えられる。

《イブニング・セミナー IV》

Role of FDG PET/CT in Radiotherapy Planning

Homer A. Macapinlac

University of Texas MD Anderson Cancer Center

The recent availability of combined dedicated PET/CT machines have allowed the integration of both the anatomic and FDG avid tumor volumes allowing improvements in accuracy of identifying the extent of malignancy. A natural application of this technology is to utilize the PET/CT for radiotherapy planning, which will allow the synergy of excellent resolution and improved specificity to be utilized for optimal radiation delivery.

The limitations of multislice thin section CT would include tumor delineation in the lung windows could be difficult when dealing with spiculated lesions which are the norm. Tumor related atelectasis makes it difficult to assess margins of macroscopic disease. Size based criteria for mediastinal nodal involvement is inadequate. CT is essential in RTP but does not provide information about tumor viability, which may be an important prognostic factor for management. Therefore, FDG PET with its ability to better assess viable tumor may be used to supplement CT in the definition of the gross lesion volume gross target volume (GTV) and its subsequent expansion to the planned treatment volume (PTV). The majority of the available data on the use of FDG PET imaging as it relates to radiotherapy planning (RTP) is on lung cancer. Numerous articles demonstrated changes in treatment volumes from 15 to 60% if FDG PET information was utilized.

For clinical operations, PET/CT units have to be modified similarly to a CT simulation suite. The scanner should have a large bore (70 cm or greater), which can accommodate the immobilization devices and comfortably fit the patient in the scanner. A laser positioning system should be utilized, a flat Bed insert, and most importantly customized immobilization devices for

head/neck and chest applications should be available. There is a need to standardize image interpretation. Adaptive thresholding methods have been developed to better define the tumor volumes in FDG PET. Tumor motion will be a problem, particularly with respiratory motion and both breath hold and gating techniques could be applied. Various techniques have been applied including multi frame capture, list mode, prospective and retrospective techniques, in which the PET data is then acquired in synchronization with the respiratory motion. Dynamic Gated CT techniques have been utilized in Radiotherapy Planning and is a natural application with the advent of these hybrid PET/CT machines. The ability to acquire respiratory gated PET and CT scans may provide several advantages. A proven advantage would be improved quantification of tracer uptake in tumor utilizing gated PET. This may provide better ability to distinguish tumor from benign processes and improve our ability to quantify response in small volume disease. The ability to track the movements of tumors of the lung in 4D will allow us to deliver more focused radiation to the tumor and minimize normal tissue toxicity. Novel tracers utilizing Copper-60 diacetyl-bis(*N*⁴-methylthiosemicarbazone) has been described by the Mallinkrodt group providing proof of principle that assessment of tumor oxygenation can be performed using PET. This may allow us to deliver more radiation doses to radioresistant tumor volumes.

References: Macapinlac HA. The Role of PET in Planning Radiation Therapy and Monitoring Its Effects. Nuclear Medicine Annual 2004. Lipincott Williams and Wilkins. Editor: Leonard M. Freeman. pp. 163–174.

《イブニング・セミナー V》

PET による分子イメージング

藤 林 靖 久

(福井大学総合実験研究支援センター

バイオメディカル研究支援分野 RI 実験部門)

近年の分子生物学と画像機器の急速な進展を基礎として、分子イメージング研究が注目を集めている。分子イメージングとは、遺伝子発現によって制御されている分子(主としてタンパク)に親和性を持つ分子プローブの体内挙動を通して、生体内での遺伝子発現を画像として捉えようとするものである。PET で保険適用が認められている F-18-FDG 糖代謝イメージングや O-15 酸素ガス代謝イ

メージングは遺伝子発現制御に基づく解糖系やエネルギー産生系酵素系活性の画像化であり、分子イメージングのひとつに位置付けることができる。これらとは別に、遺伝子治療や細胞移植治療などの先進的医療の評価研究において非侵襲的画像診断技術である PET の活用が求められている。本発表では、PET と分子生物学の接点としての分子イメージングについて概説する。

《イブニング・セミナー V》

次世代 PET (Allegro) の診断から治療への応用

石橋 正 敏

(久留米大学医学部放射線医学 久留米大学病院 PET センター)

平成 16 年 1 月 15 日に PET センターを開院した。導入されたサイクロトロンは、Cycron 18/9 (IBA Brussels, Belgium), FDG 合成装置はコインデンス, 分注器は COMECER (Italy), PET は Allegro (PHILIPS/ADAC) である。開院以来, 1,500 例以上の症例を経験したが, その症例の内訳は多岐にわたり, PET の診断が治療指針に寄与することが大きかった。

具体的には, 頭頸部領域の疾患は非常に多く, 治療前と治療後の経過観察中に PET を施行している。治療前の PET 検査は, 治療指針を大きく変更させることも経験した。また, 治療後の経過観察中の再発に関して有用であった症例を具体的に提示する。胸部疾患に関しては, やはり保険適応である肺癌が最も多いが, staging の変更が PET でなされた症例が多々みられた。腹部領域に関しては, 転移性肝癌・膵癌・自己免疫性膵炎・脾疾患などの PET 検査を施行した。

消化管に関しては, 食道癌・逆流性食道炎・胃

癌・大腸癌・直腸癌などを治療前に施行, また経過観察中の再発についても行った。原発性不明癌の検査件数は, PET 検査のなかでも多く, 他科から依頼される際に一番にこの疾患名が掲げられる。しかし, 原発不明癌のなかでも腫瘍マーカーが上昇していても原発巣が確定しない場合がある。

PET の診断から治療への貢献は, PET から得た情報を治療へ還元し, かつ医療経済学的効果の検討も行っている。

“診断から治療への貢献” に最も期待できるのは, PET-CT であり, ときにこのような融合画像がなければ診断に非常に苦慮し, 何を治療してよいのか患者を前にして大変困惑することがある。また, MD-CT を参照画像として用いるのは容易であるが, MD-CT 単独での診断方法には限界があると考える。その, 具体的症例も呈示しながら解説する。