

SUV に影響する因子

浅ノ川総合病院 放射線科

東 光 太 郎, 西 田 宏 人

放射線部

水 口 雅 人, 大 多 秀 和

定位放射線外科センター

太 郎 田 融, 光 田 幸 彦, 大 西 寛 明

はじめに

FDG PET による腫瘍診断において、FDG の取り込みの半定量的指標として SUV (Standardized Uptake Value) が用いられている。しかし、SUV はいろいろな因子により影響を受けることを十分理解したうえで利用すべきである。特に施設間での比較では、この点を念頭に置くべきである。本稿では SUV に影響する因子と SUV を使用する際の注意点を中心に解説する。

腫瘍の FDG の取り込み

初期には脳のグルコース消費率の定量に使われた定量的方法が腫瘍にも応用された。しかし、採血や連続的な動態イメージングを必要としない半定量的指標でも臨床的に十分な精度が得られ、かつ定量的な測定値と高い相関関係にあることがわかり、現在では簡便法が一般的である。このように、FDG を用いた癌診断においては、グルコース消費量の定量を行わずに半定量的指標を用いることがほとんどである。取り込みの半定量的指標として一般的には SUV を用いる。SUV は (1) 式で定義され、組織の FDG 取り込みを投与量と被検者の体重で補正したもので、無単位指標である。実際にはこれに PET カメラとウェルカウンタの相互校正係数をかける必要がある。

$$\text{SUV} = \frac{\text{組織放射能 (Bq/g)}}{\text{投与量 (Bq)} \div \text{体重 (g)}} \quad (1)$$

SUV に影響する因子

Keyes ら (1) は、SUV がいろいろな因子により影響を受けることを報告している (図 1)。Keyes らの報告を中心に SUV に影響する因子を列挙する。

Factors affecting SUV

- 1) Patients size
- 2) Length of uptake period
- 3) Plasma glucose level (insulin level)
- 4) Recovery coefficient and partial volume effects

図 1

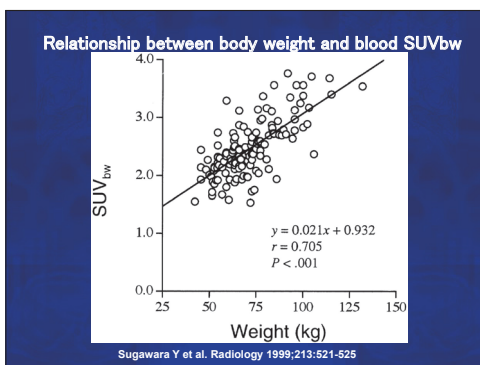


図 2

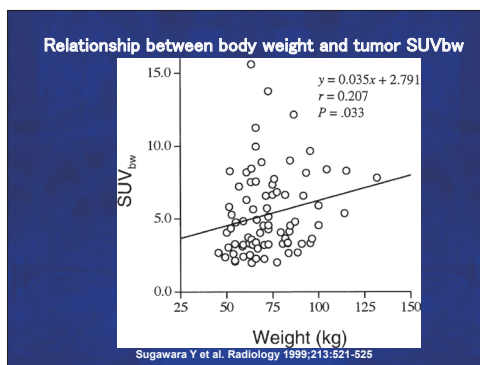


図 3

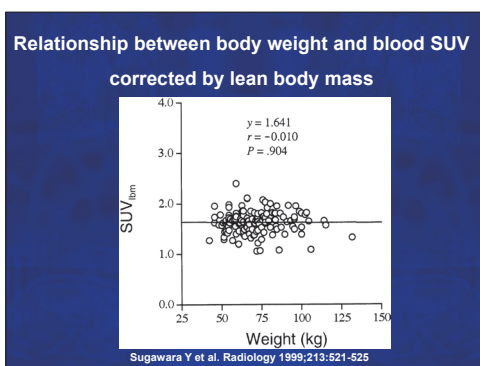


図 4

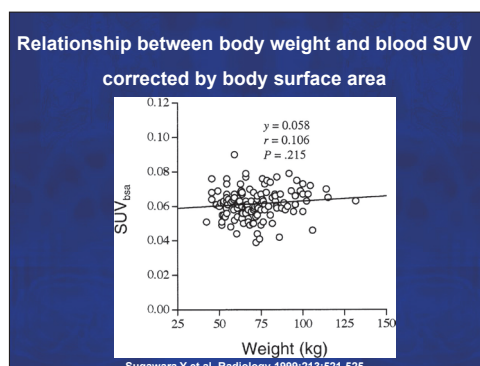


図 5

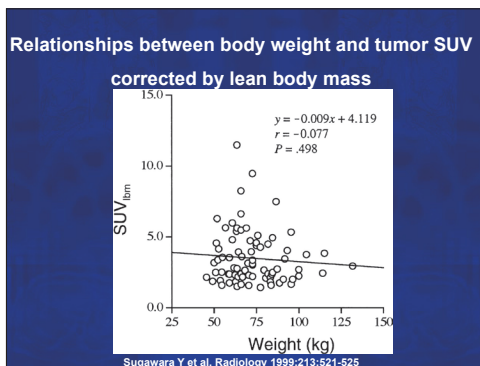


図 6

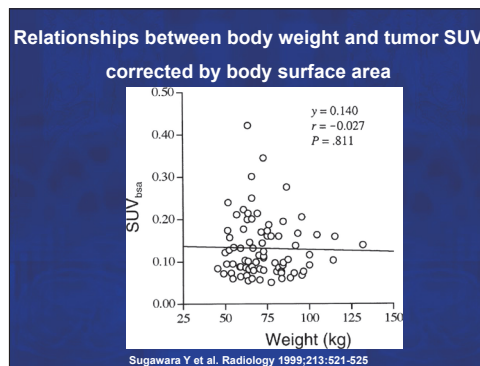


図 7

1) 体重に占める体脂肪の割合

脂肪組織への FDG の取り込みは少ない。Sugawara ら (2) は、体重に占める体脂肪の割合が高く肥満が著明な患者では SUV の計算で体重補正すると過補正となると報告している (図 2, 3)。肥満が著明な患者では、体表面積補正や lean body mass 補正 (Lean body mass = $1.07 (\text{weight}) \cdot 148 (\text{weight/height})^2$) のほうが精度が高い (図 4-7)。

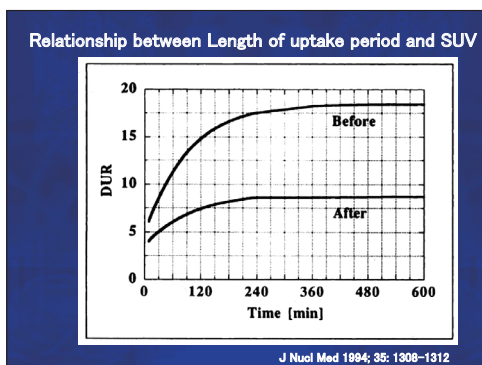


図 8

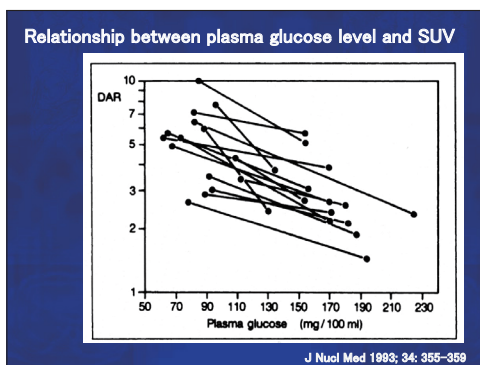


図 9

2) 静脈注射から撮像までの時間

Hamberg ら (3) は病期 III 期の肺癌患者を対象に、治療前後の SUV の経時的変化を報告している。Hamberg らの報告では SUV が平衡になる時間は治療前で 298 ± 42 分、治療後で 154 ± 31 分であった (図 8)。一般的に腫瘍の FDG 集積は静脈注射 1 時間後にはまだ peak にはならず経時的にさらに増加することが多い。平衡に達する時間は腫瘍により異なる。このため SUV の比較を行う場合は、静脈注射から撮像までの時間を同一にする必要がある。

3) 血糖値、血中インスリン濃度

糖尿病などで高血糖状態では、FDG とブドウ糖が競合するため腫瘍集積は低下する。Langen ら (4) はブドウ糖を負荷した高血糖状態と絶食状態で肺癌の FDG 集積を比較し、高血糖状態では SUV が低下することを報告した (図 9)。われわれの培養癌細胞での実験でも培養液のブドウ糖濃度を上げると癌細胞あたりの FDG 集積が低下した (図 10)。血中インスリン濃度が高い場合も、心筋、骨格筋への FDG 集積は増加し腫瘍の FDG 集積は低下する。

4) 腫瘍径、空間分解能

SUV は腫瘍径の影響を受ける。すなわち小さい病変は部分容積効果のため真の計数が得られず、SUV が過小評価される。部分容積効果のため、空間分解能の 2 ～ 3 倍程度大きな物体でないと真の計数が得られないことがわかっている。空間分解能には In-plane resolution と Z-axis resolution がある。ファントム実験でリカバリ—計数を算出すれば、部分容積効果を補正することが可能である (図 11)。

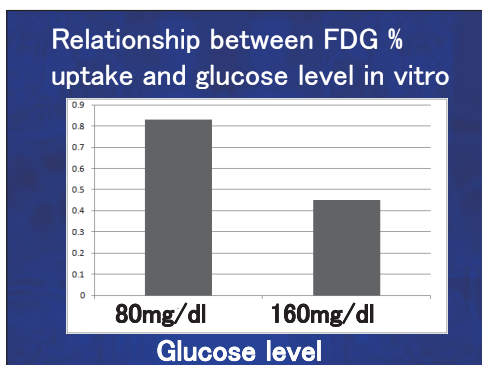


図 10

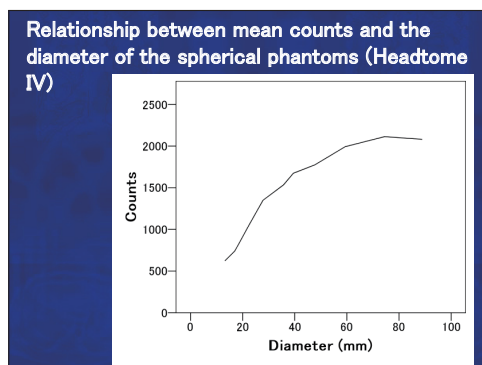


図 11

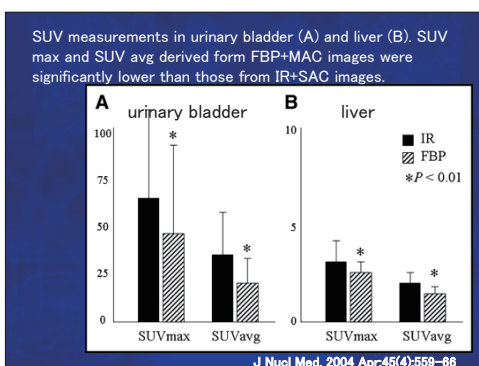


図 12

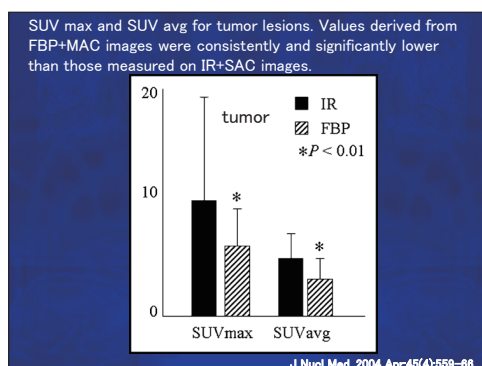


図 13

5) 再構成法および各種パラメータ

再構成法には filtered back projection (FBP) 法, iterative reconstruction (IR) 法などの方法が用いられる。これらにおいて, filter, iteration, subset といったパラメータを設定する必要がある。SUV はこれら再構成法やパラメータによって変わる。Schöder ら 5) は FBP 法と IR 法で SUV を比較し, FBP 法は IR 法よりも SUV が低いことを報告している (図 12, 13)。

6) Region of interest (ROI)

腫瘍の SUV を報告する場合は, 病変部に ROI を取って病変部での最大値を示すピクセルの SUV 値 (SUVmax) を求める方法と, 腫瘍全体の SUV の平均値 (SUVmean) を求める方法とがある。腫瘍の代謝は部位によって不均一で, 最も高い部位を代表値とするのが合理的であるとの考えから, 一般には SUVmax を用いることが多い。

多施設共同研究のために推奨される方法:

- 1) SUVmaxは閾値として用いないほうがよい。
- 2) 視覚的判定あるいはT/N(縦隔の血中濃度や肝臓との比較)を用いたほうがよい。
- 3) FDG投与から撮像までの時間を統一。
- 4) 血糖値が正常。

図 14

多施設共同研究のために推奨される方法

縮小手術の適応選択に FDG PET の SUVmax を用いようとする試みがある。FDG PET で非浸潤性癌を選択する試みである。すなわち SUVmax の閾値を設定し、それ以下の場合縮小手術の適応とする。一施設で算出した SUVmax の閾値を他施設で用いることが可能であろうか？一施設で算出した SUVmax の閾値を他施設では使用する場合、FDG 静脈注射から撮像までの時間、血糖値、腫瘍径、PET 装置解像力、再構成法および各種パラメータ等の違いを検証してから使用すべきである。なるべく T/N (縦隔の血中濃度や肝臓との比較) や視覚的判定など相対的な判定を用いたほうがよいであろう (図 14)。

おわりに

これまで述べたように FDG 静脈注射から撮像までの時間、血糖値、腫瘍径、PET 装置解像力、再構成法および各種パラメータ等により SUV は異なる。SUV は半定量的指標として臨床上汎用されているが、いろいろな因子により影響を受けることを十分理解したうえで利用すべきである。特に施設間での比較では、この点を念頭において慎重に使用する必要がある。

参考文献

- 1) John W. Keyes, Jr., SUV : standardized uptake or silly useless value ? J Nucl Med 1995 ; **36** : 1836-1839.
- 2) Sugawara Y, Zasadny K, Wahl R et al. Reevaluation of the Standardized Uptake Value for FDG : Variations with Body Weight and Methods for Correction Radiology 1999 ; **213** : 521-525.
- 3) Hanberg LM, Hunter GJ, Nathaniel M, et al. The dose uptake ratio as an index of glucose

metabolism : useful parameter or oversimplification. J Nucl Med 1994 ; **35** : 1308-1312.

- 4) Langen KJ, Broun UJ, Kopes R, et al. The influence of plasma glucose levels on Fluorine18-fluorodeoxyglucose uptake in brochial carcinomas. Nucl Med 1993 ; **34** : 355-359.
- 5) Schöder H, Erdi YE, Chao K, et al. Clinical implications of different image reconstruction parameters for interpretation of whole-body PET studies in cancer patients. J Nucl Med. 2004 Apr ; **45** (4) : 559-66.