

# 5. 薬物動態モデリングを用いた 乳腺DCE-MRIの定量化と臨床応用

後藤真理子 京都府立医科大学大学院放射線診断治療学講座

## DCE-MRIの定量化とは

造影ダイナミック (dynamic contrast-enhanced : DCE) -MRIの解析手法は、大きく半定量解析と定量解析に分けられる。半定量解析 (semi-quantitative analysis) とは、得られたDCE-MR画像における関心領域の信号強度の経時的变化をそのまま解析する手法であり、一般的な指標としては、最大傾斜 (maximum slope : MS) やピーク到達時間 (time to peak : TTP) などがある。複雑な計算を必要とせず解析は簡便だが、得られる指標は定量的ではないため、造影剤の注入量や速度、心拍出量や動脈狭窄の程度など、さまざまな因子からの影響を受け得る。このため、これらの指標を絶対値として被検者間で比較することは難しく、また、同一被検者間でも再現性が低くなりやすいという欠点がある。

一方、定量解析 (quantitative analysis) では、T1緩和時間を基に、組織における造影剤濃度を定量化する。計算の際、組織の動脈入力関数 (arterial input function : AIF) を用いることで、造影剤注入条件に影響されない安定した定量値を得ることができる。体幹部領域では、細胞外液性造影剤は血管外に漏出するため、薬物動態モデリング (pharmacokinetic modeling) を用いて定量値を得るのが一般的である<sup>1)</sup>。

## 薬物動態モデリングとは<sup>1)</sup>

DCE-MRIから灌流に関する定量化指標を得るためには、組織を複数の均一なコンパートメントから成るとみなしてモデル化する (図1)。このモデルは、コンパートメントモデリングとも呼ばれる。関心領域内のMRI信号強度変化は、血流による造影剤の移行量に相当し、血流量、血管の表面積や透過性、血管外細胞外腔 (extravascular extracellular space : EES) の体積などが関与する。薬物動態モデリングでは、血漿中から組織のEESに移行する造影剤濃度の単位時

間あたりの移動量は、血漿中の造影剤濃度に比例し、以下のような式で表される。

$$\begin{aligned} dC_e(t)/dt &= K^{trans}(C_p(t) - C_e(t)/v_e) \\ &= K^{trans}C_p(t) - k_{ep}C_e(t) \end{aligned}$$

ここで $C_e$ はEESの造影剤濃度、 $C_p$ は血漿中の造影剤濃度、 $K^{trans}$ は血漿中から組織への移行係数、 $v_e$ はEESの容積である。 $k_{ep}$ は造影剤のEESから血漿への移行の速度定数で、 $k_{ep} = K^{trans}/v_e$ の関係がある。

また、ある時間の組織もしくは関心領域内の造影剤濃度 $C_i(t)$ は、血漿中造影剤濃度 $C_p(t)$ とEES中に分布した量 $C_e(t)$ の総和として考えられ、以下の式で表される。

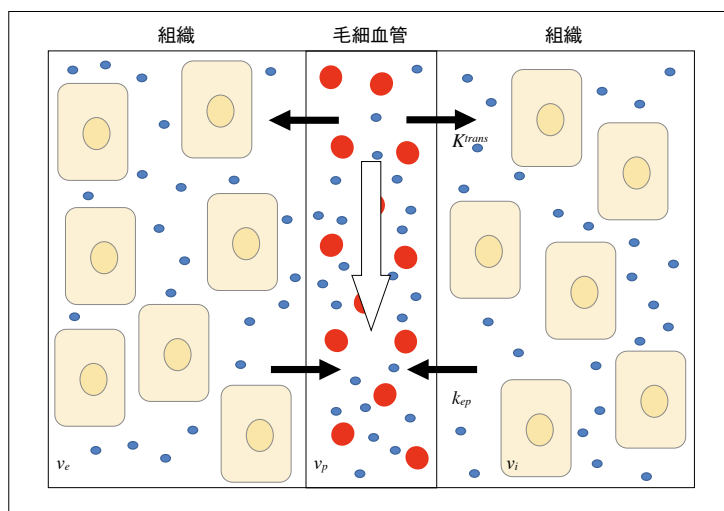


図1 薬物動態モデル (コンパートメントモデル)

$K^{trans}$  : 造影剤の血漿中から組織のEESへの移行係数  
 $k_{ep}$  : 造影剤のEESから血漿への移行の速度定数 ( $k_{ep} = K^{trans}/v_e$ )  
 $v_e$  : EESの占める容積の割合  
 $v_p$  : 血漿の占める容積の割合  
 $v_i$  : 細胞内腔の占める容積の割合