

肝ダイナミックCTにおける最適な造影剤量を規定する体格指標の検討

JR 仙台病院 放射線科 ○佐々木 哲也 (Sasaki Tetsuya)
里村 美奈斗 平山 喬矢 佐藤 栄一郎 松橋 俊夫

【はじめに】

造影CTにおける造影効果の再現性を図る上で、体格(体重)に応じた造影剤投与量の調整は必須の手段であるが、肝臓領域では体表面積(以下、BSA)や除脂肪体重(以下、LBW)の有用性も報告されている¹⁻⁴⁾。しかし、BSAやLBWを推定するための換算式はいくつか存在し⁵⁾、これまでの報告で示された有用性も換算式の選択によるところが大きい⁶⁾。造影効果と最良の相関を示す「体格指標」を探る試みはいくつか報告されているが、最適な「換算式」を同定する報告は見受けられない。

よって、本研究は肝ダイナミックCTにおける造影効果と最良の相関を示す体格指標とその換算式を同定することを目的とした。

【方法】

X線CT装置は、Lightspeed VCT (GE Healthcare Japan)を、自動注入器はDual Shot GX (Nemoto)を使用した。また、ヨード造影剤はイオヘキソールまたはイオパミドール(いずれも濃度300 mgI/ml製剤)を使用した。

当院における肝ダイナミックCT(ヨード造影剤を右肘静脈より30秒で注入し、後期動脈相を40秒後、門脈相を70秒後、平衡相を180秒後に撮像)のうち、体重規定量600 mgI/kgおよび520 mgI/kg、加えて腎機能と年齢で減量措置を施した480 mgI/kgおよび420 mgI/kgを投与した症例(すべて前向きに検査情報を収集したもの)を対象とした。造影効果は、後期動脈相における大動脈(腹腔動脈分岐レベル)、門脈相と平衡相における肝実質(肝門部レベル)の3部位で評価した。いずれの部位もROIを使ってCT値を10点計測し、造影前後の差分CT値(HU)の削除平均値をもって造影効果とした。

体格指標は、実測値である①体重(kg)と②身長(cm)、換算式である③BMI(kg/m²)と④Livi指数($\sqrt[3]{\text{kg/cm}}$)、BSAは⑤DuBois式、⑥Kurazumi式、⑦Livingston式、⑧Mosteller式、LBWは⑨Hume式、⑩James式、⑪Boer式、⑫Janmahasatian式の12項目とした。統計解析は、以下に示す2段階の手順で行った。手順(1):①~⑫のすべての体格指標と各撮像時相における造影効果との相関係数を算出した。そのうちBSAとLBWについては、最良の相関を示す換算式を1つずつ同定した。手順(2):①~④の体格指標と手順(1)で同定されたBSAとLBWで重回帰分析(増減法)を行い、標準偏回帰係数の大きさから最良の相関を示す体格指標を同定した。

【結果】

対象は、2011年から2017年に施行した成人644例である。腎機能低下症例(eGFR<40ml/min/1.73m²)および高齢者(>75歳)はあらかじめ除外した。

手順(1):各撮像時相における造影効果と体格指標との相関係数を示す(Table 1)。相関係数が0.2以上を青字、0.4以上を赤字で示す。いずれの体格指標も造影効果との有意な正の相関を示した(p<0.01)。後期動脈相(大動脈)の造影効果と体格指標との相関性は比較的低い傾向を示した。BSAにおいては、すべての撮像時相でLivingston式が最も高い相関を示した。また、LBWにおいては、すべての撮像時相でJames式が最も高い相関を示した。以上の結果から、造影効果と最良の相関を示す換算式は、BSAがLivingston式、LBWがJames式であることが証明された。

Table 1 体格指標と造影効果との相関係数

	体格指標	後期動脈相	門脈相	平衡相
	体重(kg)	0.227	0.474	0.532
	身長(cm)	0.236	0.306	0.380
	BMI(kg/m ²)	0.236	0.354	0.417
	Livi指数($\sqrt[3]{\text{kg/cm}}$)	0.248	0.302	0.376
BSA(m ²)	DuBois	0.255	0.402	0.480
	Kurazumi	0.259	0.383	0.463
	Livingston	0.269	0.435	0.512
	Mosteller	0.261	0.416	0.495
LBW(kg)	Hume	0.187	0.400	0.453
	James	0.189	0.441	0.486
	Boer	0.163	0.388	0.432
	Janmahasatian	0.115	0.389	0.406

手順(2): 体重、身長、BMI、Livi指数と、手順(1)で同定されたBSA (Livingston式)とLBW (James式)、計6項目の造影効果との標準偏回帰係数を示す (Table 2)。増減法では、強い相関を示す項目が抽出される。後期動脈相ではBSA (Livingston式)だけに標準偏回帰係数が与えられた。また、門脈相ではLBW (James式)が、平衡相ではBSA (Livingston式)が最も高い標準偏回帰係数が与えられる結果となった。以上の結果から、肝ダイナミックCTにおける造影効果と最良の相関を示す体格指標 (換算式)は、後期動脈相 (大動脈)ではBSA (Livingston式)、門脈相 (肝実質)ではLBW (James式)、平衡相 (肝実質)ではBSA (Livingston式)であることが示された。

Table 2 体格指標と造影効果との標準偏回帰係数 (増減法)

体格指標	後期動脈相	門脈相	平衡相
体重 (kg)	-	0.130	0.289
身長 (cm)	-	-	-
BMI (kg/m ²)	-	0.328	-
Livi指数 (√kg/cm)	-	-	-
BSA - Livingston (m ²)	0.269	0.272	0.590
LBW - James (kg)	-	0.422	0.230

【考察】

本研究から、後期動脈相 (大動脈) の造影効果については、体格指標の影響は比較的小さいものの、BSA (Livingston式) が最良の相関を示す結果となった。後期動脈相における造影剤の体内分布は、胸腹部の限られた循環に留まることから、全身を反映する体格因子よりも心機能を含めた小循環を反映する因子が影響すると考える。BSAは、心拍出量や循環血液量と正の相関を示すことが報告されていることから、後期動脈相においてはBSAが最良の体格指標であると考えられる。次に、門脈相 (肝実質) の造影効果については、体格指標の影響が比較的大きく、なかでもBSA (James式) が最良の相関を示す結果となった。門脈相における造影剤の体内分布は、実質臓器内の血液循環を反映する。LBWは脂肪を除くすべての実質臓器の細胞外液量と相関するとされていることから、門脈相ではLBWが最良の体格指標であると考えられる。なお、これらの結果を臨床に適用した場合、造影剤投与量をBSAとLBWどちらで決定すべきか?という問題が提起される。造影効果との相関係数 (Table 1) の大きさをみても、造影剤投与量はLBWで決定するのが妥当と考える。

本研究には、いくつかの限界が示されている。本研究は、体重規定法による被検者を対象としたため、体重を反映する体格指標と換算式が過大に評価された可能性がある。また、本研究は、造影効果と最良の相関を示す体格指標とその換算式を見いだすことを目的としており、換算式の精度そのもの評価しているわけではない。

【結論】

肝ダイナミックCTにおける大動脈と肝実質の造影効果と最良の相関を示す体格指標とその換算式は、後期動脈相 (大動脈) ではBSA (Livingston式)、門脈相 (肝実質) ではLBW (James式)、平衡相 (肝実質) ではBSA (Livingston式) であることが証明された。

【参考文献】

- 1) Ho LM, et al. Determining contrast medium dose and rate on basis of lean body weight: does this strategy improve patient-to-patient uniformity of hepatic enhancement during multi-detector row CT ?. Radiology 243(2), 2007
- 2) Kidoh M, et al. Contrast enhancement during hepatic computed tomography: effect of total body weight, height, body mass index, blood volume, lean body weight, and body surface area. J Comput Assist Tomogr 37(2), 2013
- 3) Kondo H, et al. Body size indexes for optimizing iodine dose for aortic and hepatic enhancement at multidetector CT: comparison of total body weight, lean body weight, and blood volume. Radiology, 254(1), 2010
- 4) Awai K, et al. The optimal body size index with which to determine iodine dose for hepatic dynamic CT: A prospective multicenter study. Radiology 278(3), 2016
- 5) Green B, Duffull SB. What is the best size descriptor to use for pharmacokinetic studies in the obese? Br J Clin Pharmacol, 58(2), 2004
- 6) Nyman Ulf, Awai K: Letters to the Editor. Radiology 278(3), 2016