*Journal of Radiation Industry* 12(2) : 157~161(2018)

# 부신 CT 검사에서 HU의 조영증강 및 선량 평가

권 대 철[1] · 최 지 원[2,*]

[1]신한대학교 바이오생태보건대학 방사선학과, [2]전주대학교 방사선학과

# Evaluation of Contrast Enhancement of HU and Effective Dose for Adrenal MDCT

Dae Cheol Kweon[1] and Jiwon Choi[2,*]

[1]*Department of Radiological Science, College of Bioecological Health, Shinhan University, Uijeongbu 11644, Republic of Korea*

[2]*Department of Radiological Sciences, Jeonju University, Jeonju 56079, Republic of Korea*

**Abstract - The purpose is to improve the accuracy of dose reduction and adrenal gland diagnosis by analyzing the HU and evaluating the effective dose of contrast CT scan of the adrenal gland in order to evaluate the accuracy of contrast enhancement of adrenal adenomas. We analyzed the dose information of patient DICOM file that underwent CT scan of adrenal gland examination. CT scan of the adrenal gland performed pre contrast, portal phase, a 3 minute delay and a 15 minute delay. The HU measurement selects the largest region of adrenal lesion. And, mean, standard deviation, and area of the adrenal lesion were analyzed by ROI. Absolute percentage washout (APW) and relative percentage washout (RPW) calculated and the adrenal adenomas diagnosed by threshold value of the percentage washout rate were above APW 60% and RPW 40%. Effective dose was calculated based on DLP of DICOM dose report for adrenal CT scan. HU analyzed of the adrenal gland by calculating APW and RPW. The APW and RPW were analyzed by 52% and 41.8% at 3 minute delay, 73.5% and 59% at 15 minute delay, respectively. The diagnosis of adrenal adenomas was consistent with APW (73.5%) and RPW (59%) above the threshold at 15 minute delay. The effective dose of adrenal CT scan was 16.08 mSv. Therefore, it is necessary for radiation dose reduction.**

**Key words : Adrenal CT, Absolute percentage washout, HU, Relative percentage washout**

## 서 론

부신(adrenal gland)은 신장(kidney) 위에 양쪽 좌우에 삼각형 모양으로 내분비계통의 호르몬을 관장하고 있다. 이러한 부신에서 발생하는 부신 종양은 복부 CT (computed tomography) 검사의 최대 5%에서 확인되고 있으며(Dunnick and Korobkin 2002), 부신 선종(adrenal adenoma)은 흔한 양성 종양으로서, 세포질에 다량의 지방 성분을 함유한 조직이다. 이와 관련하여 CT는 HU (Hounsfield Unit)의 CT 감약계수로 부신 선종을 진단하고 있다(Boland *et al*. 1998). 조영전의 CT에서 부신 선종은 −2~16 HU의 범위의 평균 감약을 보이고, 지질(lipid)이 풍부한 경우는 20~25 HU이고 부족한 경우에도 HU로 나타나고 있다(Johnson *et al*. 2009). 부신 CT는 기능적 부신 종양 및 부신 암 병기를 암시하는 호르몬 이상을 포함한 다양한 증상에 대해 수행되고 있다.

* Corresponding author: Jiwon Choi, Tel. +82-63-220-3260, Fax. +82-63-220-2054, E-mail. jwchoi@jj.ac.kr

CT 검사의 프로토콜 설계 및 영상의 데이터를 진단하는 정보를 이해하는 것이 중요하다. 이러한 CT를 이용하여 조영제를 주입하여 영상의 조영증강의 정도를 이용하여 병변을 진단하기 위한 명확한 전략을 수립하기 위한 목적으로 다양한 부신 선종의 특성이 있다.

부신병변 감별 진단을 위한 CT는 많은 연구를 하고 있으며, CT 스캐너를 사용하여 조영제 주입 전과 후에 CT 스캔의 정확성이 보고되었다. 조영증강되지 않은 CT의 경우, 10 HU 미만의 병변 내 밀도 값은 높은 정확도의 선종을 나타낸다. 대조적으로 10 HU보다 큰 병기 밀도 값은 비 선종에서 더 흔하지만 세포질 내 지방 함량이 낮은 선종의 가능성을 배제할 수는 없다. 지연은 대조 물질의 정맥 주사 후 15분으로 표현되고 다른 경험에 따르면 5분에 수행된 초기 CT 스캔이 분야에서 사용될 수 있다(Korobkin *et al*. 1996; Choyke 2006).

연구의 목적은 부신의 CT 검사에서 조영제의 증강에 따른 배출율의 정확성을 평가하기 위해 조영제를 주입 후에 문맥기, 3분 지연기, 15분 지연기에 부신을 CT 스캔하여 HU를 분석하고 유효선량을 평가하여 선량 감소 및 부신진단의 정확성을 높이는 데 목적이 있다.

## 대상 및 방법

### 1. Scanning Protocols

부신 CT 검사 사례 환자는 42세 남자로 MDCT (Brilliance CT 64-channel, Philips, The Netherlands)를 이용하여 CT 검사를 실시한 환자 DICOM 파일의 선량 정보를 분석하였다. 부신 검사 환자를 3 ml·sec$^{-1}$의 속도로 주입되는 자동 주입기를 이용하여 80 ml 조영제 (Ultravist, Schering, Berlin, Germany)를 정맥 주사하고 두께 5 mm, pitch 1 : 1로 촬영을 하였다. CT 검사의 매개 변수는 120 kVp, 180 mAs, FOV (350 mm), 5 mm thickness로 부신을 조영제 주입 전과 문맥기, 3분 지연기, 15분 지연기를 스캔하였다. 연구 대상 환자의 동의 하에 CT 검사를 진행하여 영상을 획득하여 연구를 진행하였다.

### 2. Analysis of HU

부신의 CT 스캔 영상은 PACS (picture archiving and communication system)으로 전송하여 영상을 분석하였다. CT 감약계수인 HU 측정은 부신병변이 가장 크게 보이는 부위를 선택하여 부신 선종병변의 가운데를 ROI (region of interest)를 65.42 mm$^2$ 설정하지만 주변 조직과의 부분 체적 평균을 피하기 위해 부신병변의 경계 내에 완전히 포함된 병변의 평균(HU), 표준편차, 면적을 분석하였다(Fig. 1).

CT의 조영제 주입의 시기별 스캔에서 감약계수(HU)를 측정한 후 다음과 같은 공식에 따라 절대조영증강배출율인 APW (absolute percentage washout)과 상대조영증강배출율 RPW (relative percentage washout)을 계산하였다. 조영증강배출율의 문턱값은 APW는 60%를 기준으로 하였고, RPW는 40% 이상은 부신 선종으로 진단하였다(Blake *et al*. 2006; Johnson *et al*. 2009).

APW (absolute percentage washout)는 공식 1과 같이 계산하였다.

$$\text{Absolute percentage washout} = 100 \times \left[ \frac{(\text{HUportal venous phase}) - (\text{HUdelayed})}{(\text{HUportal venous phase}) - (\text{HUnonenhanced})} \right] \quad (1)$$

RPW (relative percentage washout)는 공식 2와 같이 계산하였다.

$$\text{Relative percentage washout} = 100 \times \left[ \frac{(\text{HUportal venous phase}) - (\text{HUdelayed})}{(\text{HUnonenhanced})} \right] \quad (2)$$

### 3. Analysis of effective dose

부신 CT 검사에 대한 DICOM의 선량보고서의 DLP (dose length product)를 기준으로 하여 유효선량을 산출하였다. 유효선량을 산출하기 위해 DLP (mGy·cm)에 conversion factor를 곱하여 선량을 산출하였다. DLP에 변환계수(k)인 0.0153 mSv·mGy$^{-1}$×cm를 곱하여 유효선량을 계산하였다(Christner *et al*. 2010; Deak *et al*. 2010).

부신의 CT 검사에서 유효선량(E)은 다음과 같이 변환계수(k)에 DLP를 곱하여 계산하였다.

$$E = k \times DLP \quad (3)$$

부신의 조영증강에 따른 문맥기, 3분 지연기, 15분 지연기 스캔에 따른 조영증강의 회귀분석을 Microsoft Excel 2010 프로그램 (MS Excel; Microsoft, Redmond, MA, USA)을 이용하였다.

## 결 과

부신 선종의 CT 검사의 ROI에 대한 조영증가의 HU의 분석은 APW, RPW를 계산하여 3분 지연기에서 APW 52%, RPW 41.8%이었고, 15분 지연기는 APW 73.5%, RPW 59%로 분석되었다(Table 1).

부신 선종에 대한 ROI 설정의 직선성은 회귀분석은 $R^2$ = 1로 직선성을 보였고, 문맥기에서 가장 높은 조영증강을 보였고, 3분 지연기, 15분 지연기, 조영증강 순으로 조영증강

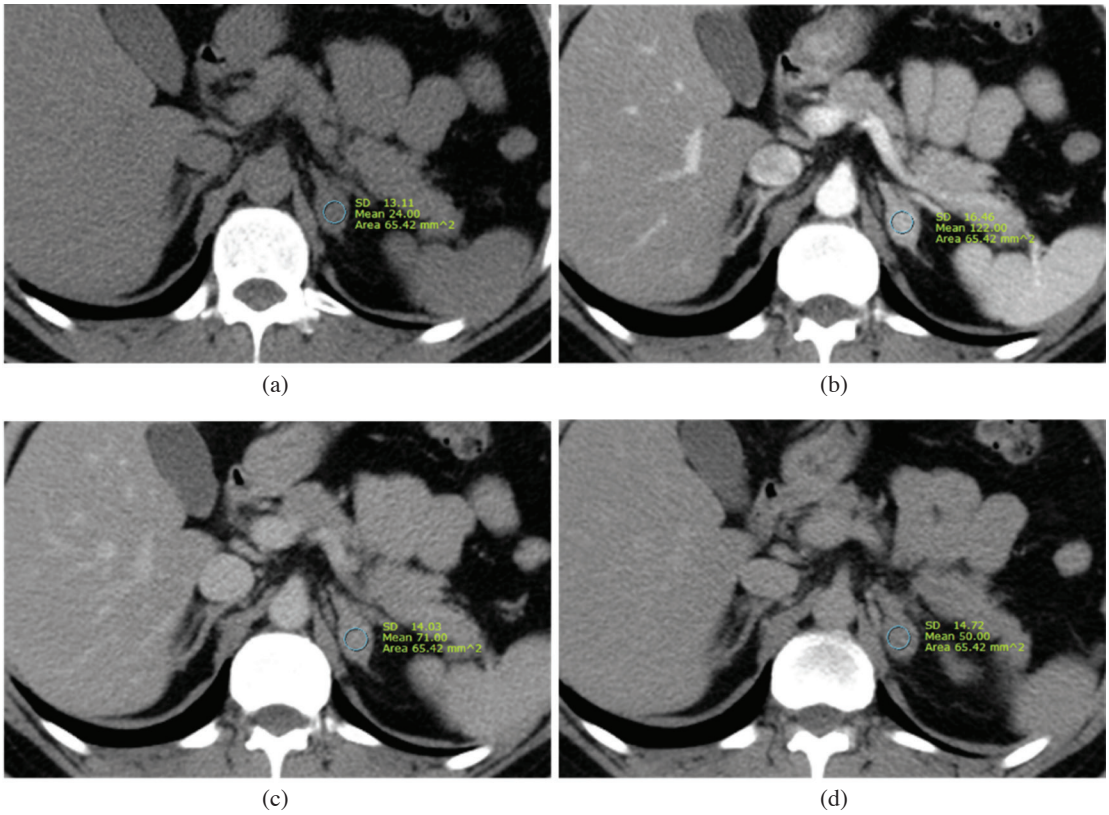


**Fig. 1.** 42-year old man with adrenal CT. Un-enhancement CT scan shows left adrenal that measured 24 HU (a). Arterial phase of enhanced CT scan shows left adrenal that measured 172 HU (b). 3 minute phase of enhanced CT scan shows left adrenal that measured 71 HU (c). 15 minute phase of enhanced CT scan shows left adrenal that measured 50 HU (d).

**Table 1.** Results of CT dose for adrenal CT scanning

| | Unenhancement | Portal phase | 3 minute delay | 15 minute delay |
|---|---|---|---|---|
| SD (HU) | 13.11 | 16.46 | 14.03 | 14.72 |
| Mean (HU) | 24 | 122 | 71 | 50 |
| Absolute percentage washout (%) | | | 52 | 73.5 |
| Relative percentage washout (%) | | | 41.8 | 59 |

을 나타냈다(Fig. 2).

부신 CT의 CTDIvol과 DLP는 PACS의 선량보고서를 기반으로 하여 유효선량을 산출하였다. CT 검사에서 CTDIvol은 조영제 주입 전 6.97 mGy, 문맥기 6.49 mGy, 3분 지연기 6.97 mGy, 15분 지연기 6.52 mGy로 산출되었다. 선량보고서의 DLP는 조영제 주입 전 337 mGy·cm, 문맥기 188 mGy·cm, 3분 지연기 337 mGy·cm, 15분 지연기 189 mGy·cm로 산출되었다(Table 2).

부신 CT 검사의 조영증강에 따른 유효선량의 산출은 DLP를 기반으로 하여 조영제 주입 전 5.15 mSv, 문맥기 2.87 mSv, 3분 지연기 5.15 mSv, 15분 지연기 2.89 mSv로 분석되었고, 총 유효선량은 16.08 mSv로 계산되었다(Fig. 3).

## 고 찰

부신 종양의 진단 및 검사는 최근에 초음파검사, CT, MR 검사의 영향으로 부신 종양에 대한 발견율이 증가하고 있고 진단은 대부분 양성으로 보고되어 있다(Kloos *et al*. 1995). 이러한 부신을 검사하는 CT의 부신 선종은 조영증강 전에 CT에서 감약계수 10 HU 이상의 감약계수를 보이는 특징이 있으며 크기는 3 cm 미만으로 작은 특징이 있다(Sohn *et al*. 2003). 또한, 조영되지 않은 CT 스캔의 경우 병변 내 밀도 10 HU 미만의 값은 높은 선종을 나타낸다는 보고가 있다(Choyke 2006).

CT 검사에서 조영제의 비증강, 동적 및 지연된 CT 검사에 대한 부신 종양의 특성에 대한 많은 연구가 보고되었

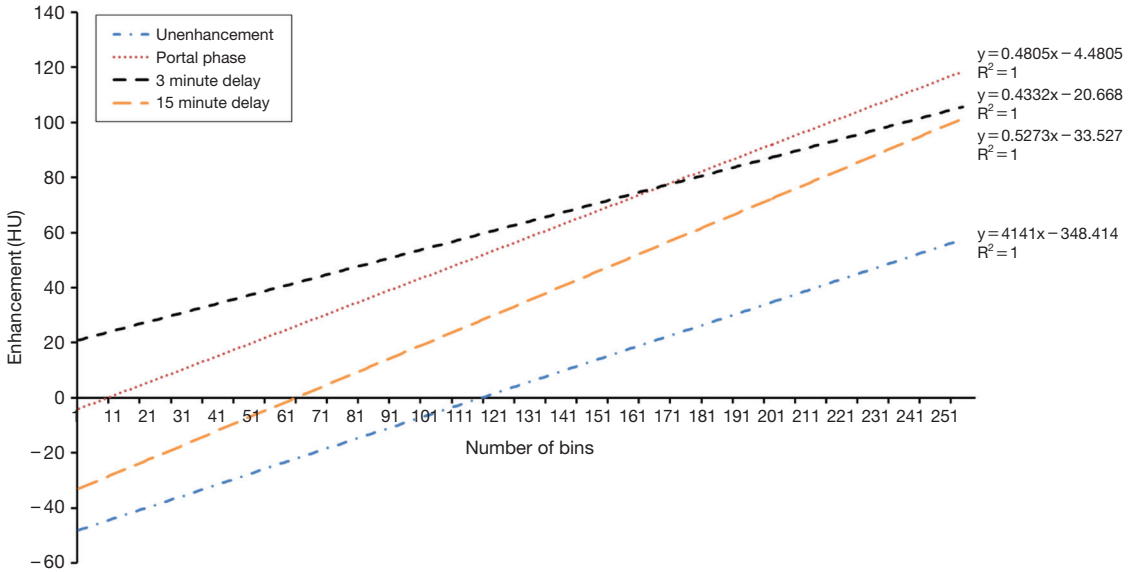


**Fig. 2.** Linear regression of the CT contras media of injection phase.

**Table 2.** Results of CT dose for adrenal CT scanning

| | CTDIvol (mGy) | DLP (mGy·cm) | Effective dose (mSv) |
|---|---|---|---|
| Unenhancement | 6.97 | 337 | 5.15 |
| Portal phase | 6.49 | 188 | 2.87 |
| 3 minute delay | 6.97 | 337 | 5.15 |
| 15 minute delay | 6.52 | 189 | 2.89 |
| Total | | 1051 | 16.08 |

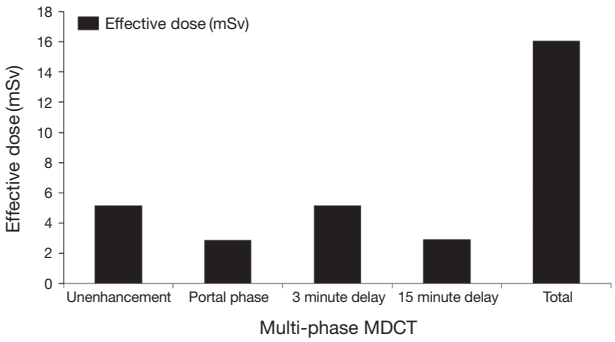


**Fig. 3.** Results of effective dose for multi-phase MDCT.

고, 연구 결과에 따라 부신 결절을 특징짓는 데 있어 조영증강되지 않은 CT에서 HU 값으로 확인되고 있다(Szolar and Kammerhuber 1998; Pena *et al*. 2000). CT 선량의 표시는 CTDI (computed tomography dose index) 및 DLP (dose length product)가 있다(Kweon *et al*. 2009).

부신 선종 검사에서 조영제를 주입한 후 지연시기에 조영증강 문맥시기에 비해 얼마나 감소하는지를 나타내는 지연시기 조영증강 배출율에는 APW와 RPW로 나누고 있다(Caoili *et al*. 2002). 조영제 배출율에 따른 APW는 본 연구에서는 APW는 15분 지연기에서 73.5%로 분석되었고, RPW 59%로 문턱값 이상으로 분석되었다. 기존 연구에서는 부신에 대한 종양의 기준은 APW는 60% 이상을 RPW는 40%로 보고되어있다(Pena *et al*. 2000; Caoili *et al*. 2002).

본 연구의 부신의 CT 검사에 대한 유효선량은 16.08 mSv로 분석되어 선량 감소를 위한 프로토콜을 설정할 필요가 있다. 현재는 재구성에 따른 저선량 CT가 임상에서 적용되고 있어 보고에 따르면 본 연구에 비해 절반 정도의 6.8 mSv 선량에 대한 보고가 있다(Gervaise *et al*. 2014). 또한 80 kV 스캔으로 19% 선량 감소 효과를 보고한 예도 있어 부신 검사에서 선량 감소를 위한 다양한 스캔이 필요하다(Takahashi *et al*. 2018). 본 연구에서는 추가 환자 대상을 넓혀 적용한 추가적인 선량 감소를 위한 연구가 필요하다.

본 검사에서 적용한 문맥기, 3분 지연기, 15분 지연기의 세 번의 스캔을 5분 지연기로 스캔 수를 줄여 검사시간 감소 및 환자의 불만을 줄이는 방법이 필요하다(Angelelli *et al*. 2013). 또한 CTDIvol 및 DLP에서도 관전류자동조절기법을 적용하여 선량 감소를 위한 스캔을 적용해야 한다(Park *et al*. 2017).

연구의 제한점은 부신 선종 환자 사례의 일례를 분석하였으나 다양한 환자의 부신 선종의 사례를 기준으로 APW와 RPW를 비교하는 연구가 추가적으로 필요하다.

## 결 론

부신 선종의 CT 검사에 대한 조영증강의 APW와 RPW에 대한 진단은 15분 지연기에서는 APW 73.5%, RPW 59%로

문턱값 이상으로 일치하였다. 부신 CT 검사의 유효선량은 16.08 mSv로 계산되어 선량 감소가 필요하다.

## 참 고 문 헌


Angelelli G, Mancini ME, Moschetta M, Pedote P, Pignataro P and Scardapane A. 2013. MDCT in the differentiation of adrenal masses: comparison between different scan delays for the evaluation of intralesional washout. *Scientific World J*. **2013**:957680.

Blake MA, Kalra MK, Sweeney AT, Lucey BC, Maher MM, Sahani DV, Halpern EF, Mueller PR, Hahn PF and Boland GW. 2006. Distinguishing benign from malignant adrenal masses: multi-detector row CT protocol with 10-minute delay. *Radiology* **238**(2):578-585.

Boland GW, Lee MJ, Gazelle GS, Halpern EF, McNicholas MM and Mueller PR. 1998. Characterization of adrenal masses using unenhanced CT: an analysis of the CT literature. *AJR Am. J. Roentgenol*. **171**:201-204

Caoili EM, Korobkin M, Francis IR, Cohan RH, Platt JF, Dunnick NR and Raghupathi KI. 2002. Adrenal masses: characterization with combined unenhanced and delayed enhanced CT. *Radiology* **22**:629-633.

Choyke PL. 2006. ACR appropriateness criteria on incidentally discovered adrenal mass. *J. Am. Coll. Radiol*. **3**(7):498-504.

Christner JA, Kofler JM and McCollough CH. 2010. Estimating effective dose for CT using dose-length product compared with using organ doses: consequences of adopting International Commission on Radiological Protection publication 103 or dual-energy scanning. *AJR Am. J. Roentgenol*. **194**(5):881-889.

Deak PD, Smal Y and Kalender WA. 2010. Multisection CT protocols: sex- and age-specific conversion factors used to determine effective dose from dose-length product. *Radiology* **257**(1):158-166.

Dunnick NR and Korobkin M. 2002. Imaging of adrenal incidentalomas: current status. *AJR Am. J. Roentgenol*. **179**: 559-568.

Gervaise A, Osemont B, Louis M, Lecocq S, Teixeria P and Blum A. 2014. Standard dose versus low-dose abdominal and pelvic CT: Comparison between filtered back projection versus adaptive iterative dose reduction 3D. *Dign. Interv. Imaging*. **95**(1):47-53.

Johnson PT, Horton KM and Fishman EK. 2009. Adrenal imaging with multidetector CT: evidence-based protocol optimization and interpretative practice. *Radiographics* **29**(5):1319-1331.

Kloos RT, Gross MD, Francis IR, Korobkin M and Shapiro B. 1995. Incidentally discovered adrenal masses. *Endocr. Rev.* **16**:460-484.

Korobkin M, Brodeur FJ, Yutzy GG, Francis IR, Quint LE, Dunnick NR and Kazerooni EA. 1996. Differentiation of adrenal adenomas from nonadenomas using CT attenuation values. *AJR Am. J. Roentgenol*. **166**(3):531-536.

Kweon DC, Dong KR, Jung JE and Ryu YH. 2009. Comparison radiation dose with upper and lower Limbs of automated injection of contrast media with a bolus tracking system in pulmonary embolism MDCT. *J. Radiat. Indt*. **3**(4):323-328

Park TS, Han JH, Jo SY, Lee EL, Jo KW and Kweon DC. 2017. Comparison of Noise and Doses of Low Dose and High Resolution Chest CT for Automatic Tube Current Modulation and Fixed Tube Current Technique using Glass Dosimetry. *J. Radiat. Indt*. **11**(3):131-137.

Pena CS, Boland GW, Hahn PF, Lee MJ and Mueller PR. 2000. Characterization of indeterminate (lipid-poor) adrenal masses: use of washout characteristics at contrast-enhanced CT. *Radiology* **217**:798-802.

Sohn KM, Lee SY and Lee KH. 2003. Usefulness of Percentage Enhancement Washout Value Calculated on Unenhanced, Contrast-Enhanced, and Delayed Enhanced CT in Adrenal Masses: Adenoma versus Metastasis. *J. Korean Radiol. Soc*. **48**:427-432.

Szolar DH and Kammerhuber FH. 1998. Adrenal adenomas and nonadenomas: assessment of washout at delayed contrast-enhanced CT. *Radiology* **207**:369-375.

Takahashi Y, Ota H, Omura K, Dendo Y, Otani K, Matsuura T, Kitami M, Seiji K, Tezuka Y, Nezu M, Ono Y, Morimoto R, Satoh F and Takase K. 2018. Image quality and radiation dose of low-tube-voltage CT with reduced contrast media for right adrenal vein imaging. *Eur J Radiol*. **98**:150-157.


Received: 25 March 2018
Revised: 27 May 2018
Revision accepted: 21 June 2018