



## Windows Setting for Low kVp Abdominal CT: Comparison to 120-kVp CT Images

## 저관전압 복부 CT에서의 창설정: 120-kVp CT와의 비교 연구

Jun Sung Kim, MD, Joon-Il Choi, MD\*, Moon Hyung Choi, MD, Michael Yong Park, MD, Sung Eun Rha, MD, Soon Nam Oh, MD, Seung Eun Jung, MD, Jae Young Byun, MD

Department of Radiology, Cancer Research Institute, Seoul St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

**Purpose:** The purpose of the study is to identify the optimal window level (WL) and window width (WW) to maximize visualization of the findings for low kVp abdominal CT images utilizing the automated tube voltage selection (ATVS) (which produces brightness and contrast very similar to that produced by a 120-kVp CT scanner).**Materials and Methods:** We enrolled 61 patients who underwent: 1) dynamic abdominal CT scanning using ATVS technique (in 2015) and 2) a second CT scan, on this occasion implementing a 120-kVp protocol (in 2014). With ATVS, all scans were performed using 80-kVp for the arterial phase. For the portal phase, 80-kVp and 100-kVp were applied in 27 and 34 patients, respectively. Two radiologists then over-read and compared the ATVS images to the 120-kVp images, assessing brightness and contrast. After the over-read and comparison, they selected the WL and WW for ATVS because they produced brightness and contrast very similar to that appreciated in the 120-kVp images.**Results:** The WL and the WW for the arterial phase (mode/mean) were 130 Hounsfield unit (HU)/120.7 HU and 230 HU/259.6 HU, respectively. For the portal phase, the WL and the WW (mode/mean) were 90 HU/109.6 HU and 450 HU/450.0 HU for 80-kVp, and 40 HU/63.5 HU and 400 HU/382.4 HU for 100-kVp, respectively. The mean values of WL and WW for 80-kVp were significantly higher than those for 100-kVp ( $p < 0.001$ ).**Conclusion:** Based upon the findings, it was determined that WL and WW with ATVS should be higher than those used for 120-kVp protocol in order to obtain comparable brightness and contrast in the images produced by abdominal CT scanning.**Index terms**Tomography, X-ray Computed  
Radiation Dosage  
Body Image  
Picture Archiving and Communication Systems

Received March 26, 2017

Revised May 13, 2017

Accepted June 2, 2017

\*Corresponding author: Joon-Il Choi, MD

Department of Radiology, Seoul St. Mary's Hospital,  
College of Medicine, The Catholic University of Korea,  
222 Banpo-daero, Seocho-gu, Seoul, 06591, Korea.  
Tel. 82-2-2258-1431 Fax. 82-2-599-6771  
E-mail: dumky@catholic.ac.krThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서론

진단을 위한 의료 영상을 적절한 밝기와 대조도로 조정하는 것은 정확한 판독을 위하여 필수적인 과정이다. 지나치게 밝거나 어두운 영상, 혹은 대조도가 지나친 영상 등은 해부학적 구조물이나 병변을 관찰하는데 방해가 되며, 따라서 일반촬영뿐 아니라 초음파, CT, MRI 등의 단면영상에서도 밝기와 대조도를 조정하는 것은 매우 중요하다. 밝기와 대조도는 판독용 모니터에서 기계적으로 조정할 수도 있으나, CT나 MRI와 같은 단면 영상의 경우 창설정(window setting)이 매우 중요한 역할을 한다. 창설정은 창수준(window level)과 창폭(window

width)으로 이루어지며, 보고자 하는 장기에 따라 각각 다른 창설정 값을 정할 수 있다. 복부 CT의 경우, 연부조직, 간, 췌, 폐 등의 창설정에서 판독을 함으로써 CT 영상에 포함된 다양한 장기를 자세히 관찰할 수 있으며, 다양한 창설정을 이용하여 판독하는 경우가 연부조직 창설정만을 이용해서 판독하는 경우보다 진단적 정확도가 높은 것으로 알려져 있다(1). 일반적으로 CT에서의 연부조직 창설정(soft tissue window setting)은 창폭 350~400 Hounsfield unit (이하 HU)와 창수준 35~50 HU로 알려져 있고, 대부분의 복강 내 장기를 관찰하는데 가장 적절한 창설정이다. 또한 고혈관성 종양인 간세포암을 진단하기 위한 간 창설정(liver window setting)은 창폭을 줄여야 정상 간과 간

세포암의 대조도를 높일 수 있으며, 문헌에 따라 다양하지만 일반적으로 창폭 150 HU, 창수준 50~100 HU로 보는 것을 권고하고 있다(2-4).

하지만 이들 수치는 120-kVp의 관전압으로 촬영한 경우의 권고치이다. 최근 보고에 의하면 요오드 조영제를 사용하여 조영 증강된 해부학적 구조물을 볼 때 기존의 120-kVp가 아닌 100- 혹은 80-kVp로 촬영하여도 충분한 대조도를 확보할 수 있다는 사실이 밝혀졌다. 특히 비만이 아닌 비교적 작은 체구의 환자에서 더 낮은 kVp로 CT를 촬영하면 120-kVp로 촬영한 것과 유사한 화질을 얻을 수 있다(5-8). 최근에 도입된 자동관전압선택(automated tube voltage selection; 이하 ATVS) 기법을 사용하는 경우, scout 영상에서 환자의 조직 감쇄를 계산하여 CT 장비가 자동으로 적절한 관전압을 선택하여 검사를 진행하게 되고, 이 경우 대부분 120-kVp보다 낮은 80-, 100-kVp를 사용하게 된다(9, 10).

하지만 이렇게 낮은 관전압으로 CT를 촬영한다면 각종 복부 내 장기의 감쇠 정도가 기존의 120-kVp로 촬영된 이미지와 달라지게 되며, 120-kVp와 동일한 창설정을 적용할 경우 지나치게 밝고 대조도가 강조되는 영상을 얻게 된다(Fig. 1). 따라서 기존에 알려진 창설정 값 역시 달라져야만 한다. 이 연구에서 저자들은 ATVS 기법을 사용하여 낮은 관전압으로 촬영된 CT에서 연부조직과 간의 창설정 값이 기존의 CT와는 다를 것이라고 가정하였고, 낮은 관전압으로 촬영한 복부 CT에서 120-kVp CT 영상과 유사한 밝기와 대조도를 보이는 창설정 값을 알아보고자 하였다.

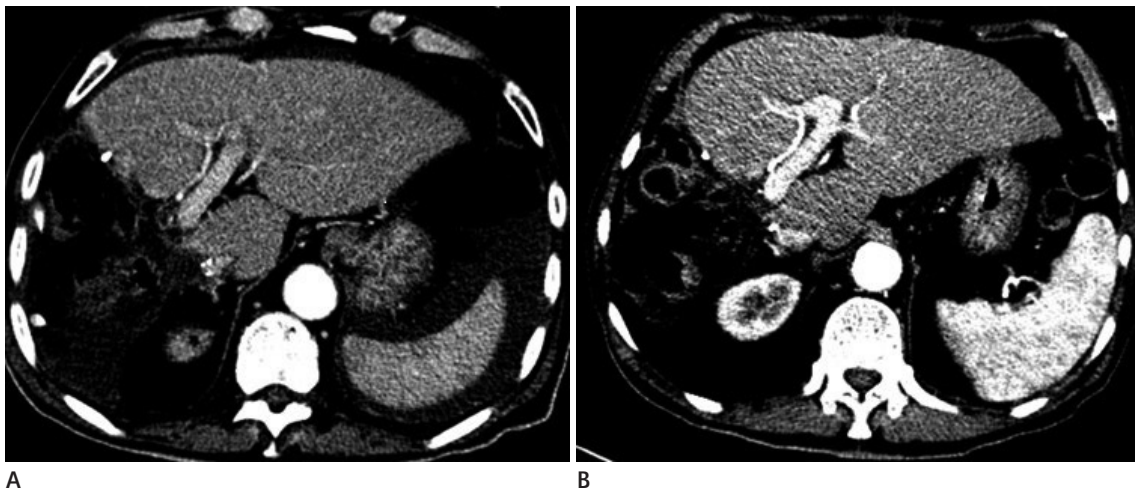
## 대상과 방법

### 환자 선택

본 연구는 후향적 연구로 기관 임상시험심사위원회의 심의를 통과(KC16RISI0966)하였으며 피험자 동의는 면제받았다. 간세포암으로 진단 받은 후 간 부분절제술, 고주파열치료술 또는 경동맥화학색전술을 시행한 환자 중 2015년 1월에서 2월까지 간의 역동적조영증강 CT (liver dynamic CT)를 ATVS 기법을 이용하여 촬영하였고, 전년도인 2014년간의 역동적조영증강 CT를 ATVS 기법을 사용하지 않고 촬영한 피험자들을 picture archiving and communication system (이하 PACS)을 이용하여 검색하였다. 2014년과 2015년 검사 사이에 새롭게 간세포암 재발이 발견된 환자는 대상에서 제외하였다. 2014년과 2015년에 모두 ATVS 기능을 갖고 있는 Somatom Definition (Siemens Healthcare, Munich, Germany)과 Somatom Definition AS+ (Siemens Healthcare)에서 촬영한 환자들만이 연구 대상에 포함되었다. 총 61명이 연구에 포함되었으며 남자 40명, 여자 21명이었고 평균 연령은  $61.6 \pm 10.5$ 세(41~82세)였다.

### CT 검사

모든 환자들은 2014년도에 120-kVp를 이용한 기존의 프로토콜로 역동적조영증강 복부 CT를 촬영하였고, 2015년도에 ATVS 기법을 이용해서 더 낮은 kVp로 촬영한 역동적조영증강 복부 CT로 추적 검사하였다. CT 스캔지표는 Pitch 1, display field of view 300 mm, 회전시간 0.5초, collimation  $128 \times 0.6$  mm, 절편두께 5 mm였다.



**Fig. 1.** An 81-year-old male with hepatocellular carcinoma, treated by right hemi-hepatectomy.

**A, B.** The arterial phase images acquired using **(A)** 120-kVp and **(B)** 80-kVp at the same window width of 180 HU and window level of 80 HU. The 80-kVp image is too bright compared to the 120-kVp image.

HU = Hounsfield unit

2015년에 촬영한 ATVS의 설정값은 reference mAs 180 mAs, reference KV 120-kVp였으며 noise index는 동맥기는 9, 문맥기와 지연기는 7이었다.

조영증강을 위해서는 20G 바늘을 이용하여 정주와의 표재 정맥을 천자한 뒤 비이온성 요오드 조영제인 Ioversol (Optiray 320, Reyon Pharmaceutical, Seoul, Korea)을 3~4 mL/sec의 흐름속도로 120 mL를 투여하였다. Bolus tracking 방법을 이용하였으며 횡격막 하부 복부대동맥의 감쇠가 100 HU일 때를 기점으로 하여 동맥기 영상 19초, 문맥기 영상 55초, 지연영상은 100초에 촬영하였다.

### 창폭과 창수준의 결정

2014년도에 촬영한 기존의 간 역동적 조영 증강 CT에서 동맥

기 영상을 창폭 150 HU, 창수준 80 HU로 설정하고, 문맥기 영상을 창폭 350 HU, 창고 40 HU로 설정하여 이를 기준으로 삼았다. 이 영상과 나란히 2015년에 ATVS 기법을 이용해서 저관 전압으로 촬영한 CT 영상을 PACS에 올려 놓은 뒤, 2015년 영상의 창폭과 창수준을 PACS 시스템에서 변경하면서 2014년 CT와 가장 대조도 및 밝기가 유사한 창폭과 창수준을 결정하였다. 유사한 창폭과 창수준은 두 명의 영상의학과의사(경력 18년, 경력 2년)가 동의 하에 결정하였으며, 특히 문맥기에서는 간 실질 및 간 혈관의 밝기 및 대조도뿐 아니라 신장 피질과 수질이 잘 구분되는지의 여부도 기준으로 정하였다. 동맥기 영상의 창폭은 150, 200, 250, 300, 350 HU로, 창수준은 80, 130, 180, 230, 280, 330 HU로, 문맥기 영상의 창폭은 350, 400, 450, 500, 550 HU로, 창수준은 40, 90, 140, 190, 240



**Fig. 2.** A 47-year-old male with hepato-cellular carcinoma, treated by transarterial chemoembolization.

**A.** The arterial phase image acquired using 120-kVp in 2014 with a window width of 180 HU and a window level of 80 HU shows multiple lipiodolized lesions in the left hemi-liver.

**B.** The arterial phase image acquired using 80-kVp in 2015 with the same window setting as **(A)** shows too much contrast and brightness. Lipiodol uptake is not clearly visible.

**C.** The same image of **(B)** with a window width of 350 HU and a window level of 130 HU shows similar brightness and contrast as **(A)**.

HU = Hounsfield unit



**Fig. 3.** A 52-year-old female with hepato-cellular carcinoma treated by transarterial chemoembolization.

**A.** The portal venous phase image, acquired using 120-kVp in 2014 with a window width of 350 HU and a window level of 40 HU shows, appropriate brightness and contrast.

**B.** The portal venous phase image, acquired using 80-kVp in 2015 with the same window setting as **(A)**, is considered too bright for optimal visualization.

**C.** The same image of **(B)**, with a window width of 450 HU and a window level of 90 HU, demonstrates brightness and contrast similar to **(A)**.

HU = Hounsfield unit



HU를 단계적으로 선택하며 유사한 밝기와 대조도의 영상을 찾았다(Figs. 2, 3). 2015년에 ATVS 기법을 사용한 경우, 동맥기는 모두 80-kVp로 촬영되었으나 문맥기는 환자의 체형에 따라 80-kVp와 100-kVp가 사용되었고, 두 군을 분리하여 분석하였다.

### 통계 분석

ATVS를 사용한 영상에서 두 명의 영상의학과 의사가 결정한 창설정 값의 최빈값과 평균을 구하였다. 동맥기는 61명의 피험자 전체에서 구하였으며, 문맥기의 경우, 100-kVp를 사용한 피험자들과 80-kVp를 사용한 피험자들의 평균 및 최빈값을 따로 구하였으며, 80-kVp와 100-kVp를 사용한 군의 평균을 Mann-Whitney U test를 사용하여 비교하였다. 상업적 통계 프로그램(Statistical Package for the Social Sciences, version 24; IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하였으며  $p$ -value가 0.05 미만인 경우 통계학적으로 의미 있는 것으로 간주하였다.

### 결과

2015년에 ATVS 기법을 사용한 CT에서는 동맥기는 61명의 피험자에서 모두 80-kVp를 사용하였으며, 문맥기는 환자의 체형에 따라 자동으로 100-kVp 혹은 80-kVp가 선택되었고, 80-kVp가 27명, 100-kVp가 34명에서 사용되었다. 간의 창설정에서 ATVS를 사용한 80-kVp 영상에서 기존의 120-kVp와 유사한 밝기 및 대조도를 보인 창폭과 창수준의 최빈값 및 평균값은 모두 기존에 120-kVp에서 알려진 창설정인 창폭 180 HU, 창수준 80 HU 보다 창폭은 넓고 창수준은 높았다. 연부조직 창설정에서도 ATVS를 사용한 80-kVp 및 100-kVp에서 모두 120-kVp 보다 창폭은 넓고 창수준은 높았을 때 기존의 120-kVp 영상과 유사한 밝기 및 대조도를 보였다(Table 1). 문맥기에서 80-kVp를 사용하는 경우 창폭과 창수준 값이 모두 100-kVp를 사용하는 경우보다 통계적으로 의미 있게 넓고 높았다( $p < 0.001$ ).

### 고찰

CT를 촬영할 때 낮은 관전압을 사용하는 경우 영상 잡음은 증가하지만 방사선 노출은 감소하며 관전압을 120-kVp에서 100-kVp로 낮출 경우 33%, 120-kVp를 80-kVp로 낮출 경우 65%까지 방사선 노출량을 줄일 수 있다(11, 12). 또한 kVp를 낮추면 광전 효과로 인해 요오드 조영제의 감쇄가 증가하여 잡음 대비 대조도비(CNR)가 좋아지게 되며 따라서 이에 대한 보정을 위해 창 설정을 재조정해야 한다(5, 13). 본 연구에 의하면 낮은 관전압으로 촬영한 CT에서 동맥기 영상과 문맥기 영상 모두에서 120-kVp로 촬영한 CT와 유사한 밝기와 대조도를 보이는 창폭은 넓고 창수준은 높았다. 문맥기 영상에서는 80-kVp로 촬영한 영상의 창폭과 창수준이 100-kVp로 촬영한 영상보다 통계적으로 유의하게 넓고 높았다.

Nakaura 등(14)에 의하면 낮은 관전압으로 촬영한 문맥기 영상의 복부 CT에서 창폭과 창수준이 화질과 진단적 정확도에 영향을 미칠 수 있다고 보고하였으며 80-kVp를 사용하고 창폭을 500 HU로 넓혔을 때가 기존의 120-kVp, 창폭 350 HU의 CT와 비교해서 인공물(artifact)이 적으면서 더 나은 대조도의 영상을 확보할 수 있다고 보고하였다. 창폭을 넓히면 CT에서 표시되는 회색조 범위가 커져서 영상의 대조도가 나빠지고 적은 흡수 차이를 나타내는 조직의 식별능이 떨어지지만, 80-kVp를 사용하는 경우 그만큼 조영제의 대조도가 높아지기 때문에 이러한 영향을 상쇄시키는 것으로 생각된다. 또한 창수준의 경우 낮은 관전압을 사용하면 전반적인 X선의 attenuation이 증가하여 영상의 밝기가 높아지므로, 높은 관전압보다 창수준을 높여야 유사한 밝기의 영상을 얻을 수 있다. 최근간의 이중 에너지 CT를 대상으로 한 연구에서 Cecco 등(15)은 50 keV monoenergy로 재구성된 영상의 창폭과 창수준이 70 keV로 재구성된 영상보다 넓고 높아야 간 병변의 진단율이 높아진다고 보고하였다. 이러한 결과 역시 관전압을 낮출 때 요오드 조영제의 대조도가 증가되며 전반적인 영상이 밝아지므로 창폭을 넓

**Table 1. Preferred Windows Settings Using ATVS on the Arterial and Portal Venous Phase CT Images Which are Similar to Those of 120-kVp Conventional Protocol (Window Width 180 HU and Windows Level 80 HU for the Arterial Phase, and Window Width 350 HU and Windows Level 40 HU for the Portal Venous Phase)**

	Mode		Mean		Maximum		Minimum	
	Windows Width (HU)	Windows Level (HU)	Windows Width (HU)	Windows Level (HU)	Windows Width (HU)	Windows Level (HU)	Windows Width (HU)	Windows Level (HU)
Arterial 80-kVp ( $n = 61$ )	230	130	259.6 $\pm$ 34.0	120.7 $\pm$ 19.4	330	130	230	80
Portal 80-kVp ( $n = 27$ )	450	90	450.0 $\pm$ 36.0	109.6 $\pm$ 23.8	500	140	400	90
Portal 100-kVp ( $n = 34$ )	400	40	382.4 $\pm$ 23.9	63.5 $\pm$ 25.0	400	90	350	40
$p$ -values*			< 0.001	< 0.001				

\* $p$ -values are for the comparison of portal 80-kVp and portal 100-kVp.  $p$ -values are calculated using the Mann-Whitney U test.

ATVS = automated tube voltage selection, HU = Hounsfield unit

하고 창수준을 높여야 한다는 본 연구의 결과와 합치된다.

일반적으로 CT를 촬영한 뒤 필름에 인쇄하거나 PACS로 영상을 전송할 때, 최적의 조건으로 알려진 창설정으로 영상을 맞추어 전환하게 된다. 과거 필름에 영상을 인쇄하던 시대에는 창설정의 조절이 불가능했기 때문에 매우 중요한 과정이었으며, PACS를 사용하게 된 현재 시점에서는 창설정을 자유롭게 변경할 수 있으므로 적절한 창설정으로 영상을 전송하는 것은 판독하는 영상의학과 의사가 창설정을 크게 변경하지 않고도 적절하게 조절된 영상을 확인할 수 있도록 하기 위한 편의를 위한 과정이다. 하지만 본 연구의 결과와 같이, 사용한 관전압에 따라 유사한 밝기와 대조를 보이는 창설정은 큰 차이를 보인다. 따라서 CT 촬영장치에서 필름에 영상을 인쇄하거나 PACS로 영상을 전송할 때 기존의 120-kVp에서 알려진 적절한 창설정이 아닌 더 넓은 창폭, 높은 창수준을 사용해야 한다.

본 연구는 몇 가지 한계점이 있다. 첫째로, 후향적인 연구로 표본 선정 편파(selection bias)의 가능성이 있다. 둘째로, 최적의 창폭과 창수준을 명확하게 정할 수 있는 객관적인 지표가 없었기에 2명의 영상의학과 의사의 주관적인 판단 하에 기존에 알려진 120-kVp의 최적의 창설정 영상과 유사한 밝기와 대조도의 영상을 선택하였다. Cecco 등(15)은 monoenergetic CT 영상을 이용한 유사 연구에서 두 명의 관찰자가 독립적으로, 가장 120-kVp CT 영상과 유사하다고 판단하는 창설정을 자유롭게 결정하였다. 하지만 이 방법을 쓸 경우, 각각의 관찰자가 선호하는 영상 설정에 따라 창수준이 다르게 결정될 가능성이 컸다. 따라서 본 연구에서는 두 명의 영상의학과 의사가 함께 영상을 리뷰하였고, 선호하는 영상이 아닌 기존에 최적이라고 알려진 120-kVp의 연부조직 창설정, 간 창설정과 가장 유사한 영상을 결정하였으므로 관찰자의 선호도에 따른 차이는 최소화시킬 수 있었다. 하지만 두 명의 합의를 거쳤어도 유사한 영상을 선택하는 과정에서 주관적인 요소의 개입 가능성이 크다. 셋째로, 영상을 보는 시스템이 필름에서 PACS 시스템으로 전환되면서 창설정의 중요도가 감소하였다. 과거에는 CT 영상을 필름에 인쇄해야 했고, 따라서 다양한 창 설정으로 CT를 보려면 그만큼 많은 필름을 현상해야 했기 때문에 비용과 시간 문제가 중요하게 다루어졌다. 반면에 현재의 영상의학과 의사들은 PACS를 이용해서 본인이 원하는 대로 창설정을 자유자재로 바꿀 수 있다. 하지만 관전압에 따라 유사한 영상의 밝기와 대조도를 보이는 창설정이 다르다는 내용은 이전에 발표된 바 없으며, 기존과 다른 창설정에서 영상을 리뷰해야 한다는 사실을 확인한 것이 본 연구의 의의라고 할 수 있다. 넷째, ATVS를 사용한 경우와 그렇지 않은 경우의 간 내 국소병변 진단율 등 실제적인 효과를 분석하지는 못했다. 실제 병변이 있는 환자군에서 병변의 진단율을

신호대잡음비 등 객관적인 지표로 평가하면 더 도움이 될 것으로 판단되나, 임상적으로 의미가 있는 동일한 병변을 같은 시기에 120-kVp와 ATVS를 사용한 저전압으로 모두 영상을 얻은 경우는 드물어서 이에 대한 분석을 시행하지는 못하였다. 다섯째, CT 장비는 두 가지가 사용되었는데, 같은 제조사에서 제작한 장비로 동일한 ATVS 기법을 적용할 수 있고, 동일한 설정값을 적용하였기에 장비 간 차이에 의한 문제점은 최소화할 수 있었다.

결론적으로 ATVS 기법을 이용하여 촬영한 간 역동적 조영 증강 CT에서 창폭과 창수준은 120-kVp로 촬영한 기존의 경우와 유사한 영상의 밝기와 대조도를 얻기 위해서는 창폭은 넓고 창수준은 높게 조정해야 한다. 문맥기 영상에서 80-kVp로 촬영할 때의 창폭과 창수준 역시 유사한 밝기와 대조도의 100-kVp 영상보다 높았다.

## REFERENCES

1. Pomerantz SM, White CS, Krebs TL, Daly B, Sukumar SA, Hooper F, et al. Liver and bone window settings for soft-copy interpretation of chest and abdominal CT. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174:311-314
2. Cox IH, Foley WD, Hoffmann RG. Right window for dynamic hepatic CT. *Radiology* 1991;181:18-21; discussion 21-24
3. Mayo-Smith WW, Gupta H, Ridlen MS, Brody JM, Clements NC, Cronan JJ. Detecting hepatic lesions: the added utility of CT liver window settings. *Radiology* 1999;210:601-604
4. Sabouri S, Khatami A, Azadeh P, Ghoroubi J, Azimi G. Adding liver window setting to the standard abdominal CT scan. *Iran J Radiol* 2008;5:65-70
5. Raman SP, Mahesh M, Blasko RV, Fishman EK. CT scan parameters and radiation dose: practical advice for radiologists. *J Am Coll Radiol* 2013;10:840-846
6. Gonzalez-Guindalini FD, Ferreira Botelho MP, Töre HG, Ahn RW, Gordon LI, Yaghmai V. MDCT of chest, abdomen, and pelvis using attenuation-based automated tube voltage selection in combination with iterative reconstruction: an inpatient study of radiation dose and image quality. *AJR Am J Roentgenol* 2013;201:1075-1082
7. Desai GS, Fuentes Orrego JM, Kambadakone AR, Sahani DV. Performance of iterative reconstruction and automated tube voltage selection on the image quality and radiation dose in abdominal CT scans. *J Comput Assist Tomogr* 2013;37:897-

- 903
8. Cho PK. Radiation dose reduction from low-kilovoltage liver computed tomography using multidetector row computed tomography. *Radiat Prot Dosimetry* 2013;154:76-80
  9. Hu L, Wang Y, Hou H, Wei F, Yang G, Chen Y. Radiation dose and image quality with abdominal computed tomography with automated dose-optimized tube voltage selection. *J Int Med Res* 2014;42:1011-1017
  10. Spearman JV, Schoepf UJ, Rottenkolber M, Driesser I, Canstein C, Thierfelder KM, et al. Effect of automated attenuation-based tube voltage selection on radiation dose at CT: an observational study on a global scale. *Radiology* 2016;279:167-174
  11. Raman SP, Johnson PT, Deshmukh S, Mahesh M, Grant KL, Fishman EK. CT dose reduction applications: available tools on the latest generation of CT scanners. *J Am Coll Radiol* 2013;10:37-41
  12. Sigal-Cinqualbre AB, Hennequin R, Abada HT, Chen X, Paul JF. Low-kilovoltage multi-detector row chest CT in adults: feasibility and effect on image quality and iodine dose. *Radiology* 2004;231:169-174
  13. Kaza RK, Platt JF, Goodsitt MM, Al-Hawary MM, Maturen KE, Wasnik AP, et al. Emerging techniques for dose optimization in abdominal CT. *Radiographics* 2014;34:4-17
  14. Nakaura T, Awai K, Oda S, Funama Y, Harada K, Uemura S, et al. Low-kilovoltage, high-tube-current MDCT of liver in thin adults: pilot study evaluating radiation dose, image quality, and display settings. *AJR Am J Roentgenol* 2011;196:1332-1338
  15. De Cecco CN, Caruso D, Schoepf UJ, Wichmann JL, Ter Louw JR, Perry JD, et al. Optimization of window settings for virtual monoenergetic imaging in dual-energy CT of the liver: a multi-reader evaluation of standard monoenergetic and advanced imaged-based monoenergetic datasets. *Eur J Radiol* 2016;85:695-699

## 저관전압 복부 CT에서의 창설정: 120-kVp CT와의 비교 연구

김준성 · 최준일\* · 최문형 · 박용구 · 나성은 · 오순남 · 정승은 · 변재영

**목적:** 자동관전압선택(automated tube voltage selection; 이하 ATVS) 기법을 이용한 저관전압 복부 CT에서 120-kVp의 CT영상과 유사한 영상의 밝기와 대조도를 보이는 창설정을 알아보았다.

**대상과 방법:** 2015년에 ATVS 기법을 사용하여 역동적 복부 CT를 시행하였고, 2014년에 120-kVp의 관전압으로 역시 역동적 복부 CT를 시행한 피험자 61명을 분석하였다. 동맥기에서는 80-kVp가 사용되었으며 문맥기에서 27명에서는 80-kVp가, 34명에서는 100-kVp가 사용되었다. 두 명의 영상의학과 의사가 ATVS 기법을 사용한 영상과 120-kVp 영상을 합의하에 비교하였으며, ATVS 기법으로 얻은 영상의 창수준과 창폭을 변화시키며 120-kVp 영상의 밝기 및 대조도와 비슷한 수준의 창수준과 창폭을 찾아 보았다.

**결과:** 동맥기에서 120-kVp 영상과 유사한 영상을 보이는 창수준과 창폭의 최빈값과 평균값은 80-kVp에서 130 Hounsfield unit (이하 HU)/120.7 HU, 230 HU/259.6 HU이었다. 문맥기의 경우 100-kVp에서는 90 HU/109.6 HU, 450 HU/450.0 HU이었으며 80-kVp에서는 40 HU/63.5 HU, 400 HU/382.4 HU였다. 평균 창수준과 창폭은 80-kVp에서 100-kVp보다 의미 있게 높았다( $p < 0.001$ ).

**결론:** ATVS 기법을 사용하는 저관전압 복부 CT에서 기존의 120-kVp와 유사한 밝기와 대조도의 영상을 보기 위한 창수준과 창폭은 120-kVp를 사용한 경우보다 창수준은 높고 창폭은 넓었다. 또한 80-kVp를 사용하는 경우가 100-kVp를 사용하는 경우보다 문맥기에서 창폭은 넓고 창수준은 높았다.

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 영상의학과, 암연구소