

# Accuracy and Usefulness of Volume Measurement using CT and Ultrasound Scan Data

Hyeon-Ju Kim, Hoo-Min Lee, Yoon Joon\*

Department of Radiology Science, Dongnam Health University

Received: May 23, 2022. Revised: June 24, 2022. Accepted: June 30, 2022.

## ABSTRACT

In this study, the accuracy and usefulness of volume measurement were investigated as a phantom experiment using CT and USG scan data and a clinical trial using patient scan data. As a result, there was no significant difference between the volume of the actual round phantom of various volumes for both the CT and ultrasound devices ( $p>0.05$ ). As a result of statistical analysis, it was analyzed that there was no significant difference ( $p>0.05$ ). Clinical application of this result requires more clinical trials, but if a CT or ultrasound device is selected and applied in consideration of patient radiation exposure, the examiner's scanning technology, and CT reconstruction experience, the basic data in terms of the usefulness of volume measurement using CT scan image is considered to have application value.

Keywords: CT, USG, volume, measurement, phantom, bladder

## I. INTRODUCTION

의료영상 장치의 발전은 고화질의 의료영상, 정량적 정보, Voxel 개념의 입체적 정보제공으로 정상구조와 병변의 객관적 분석이 가능한 점에서 매우 의미가 있다<sup>[1]</sup>. 입체적 정보는 심장, 방광 또는 전립선의 체적 그리고 간이식을 위한 간엽에 따른 체적 측정 등에 주로 활용되며 그 외 연구를 목적으로 시행하고 있다. 이 중 체적 측정의 중요도가 높은 임상 적용 예를 들면 간이식에서의 적용이다. 이는 간부전 환자에게 간을 공여 시 공여자 간의 체적을 측정하여 공여 가능 여부를 평가할 때 활용되고 측정결과는 수술의 성공과 환자의 예후에 큰 영향을 미친다. 따라서 정확한 간의 체적 측정에 대한 정보는 이식수술을 시행하는 외과 의사에게 이식 간의 크기와 범위 결정을 예측하는 데 많은 정보를 제공한다<sup>[2,3]</sup>. 의료영상을 이용한 해부학적 구조의 체적 측정의 적용은 컴퓨터단층촬영

(Computed Tomography; CT), 초음파검사(Ultrasound Image; USG), 자기공명영상(Magnetic Resonance Image; MRI) 등을 이용하며 이중 CT 데이터를 활용한 방법이 가장 많이 이용되고 있다. CT 데이터를 활용한 체적 측정은 획득한 전체 단면에 대한 체적 데이터를 3D Work station 등 컴퓨터 프로그램을 활용하고 있다. 이 방법은 공여자 간의 단면 영상별 전체 단면 영상을 그려낸 후 각 단면과 절편 두께를 곱하여 간 전체의 체적을 구하는 반자동화 방법을 사용하고 있고 이 방법이 정확도가 매우 우수하다<sup>[4]</sup>. 하지만 체적 측정 시간이 많이 소요되며, 간의 구조에 대한 전문적인 지식을 갖추고 있어야 체적 측정 과정에서 정확도를 높일 수 있다<sup>[5]</sup>. 초음파 영상을 활용한 체적 측정은 비침습적인 검사로 전립선, 방광의 체적 측정 등에 많이 활용되고 있지만, 정확도 측면에서 CT 데이터를 이용한 체적 측정보다 낮아 정밀함이 요구되는 수술계획 등에는 참고 자료로만 활용되고 있다. 그리고 MRI의 경우 고가의 검사와 체적 데이터 획득의 한계 등의

\* Corresponding Author: Yoon Joon

E-mail: gidoong75@naver.com

Tel: +82-31-249-6632

이유로 혈관 등의 입체적 영상 구현 등을 제외한 실제 체적에 대한 정량적 측정값을 제공하기에는 어려움이 있다. 본 실험은 체적 측정이 가능하고 임상에서 많이 적용하는 CT 장치와 USG 검사장치를 통해 획득한 팬텀과 환자 스캔 영상을 활용하여 체적 측정을 통해 장치별 정확도와 유용성을 비교하고 신뢰도를 확인하고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

실험은 CT 장치와 초음파 장치를 활용하여 실험용 팬텀과 환자 스캔 영상을 비교하였다. Fig. 1과 같이 CT 장치는 SOMATOM Definition Flash (Siemens, Erlangen, Germany)를 이용하여 일반적인 복부 스캔 시 적용하는 조건을 적용하여 데이터를 획득하였고 초음파 장치는 iU22 xMatrix - DS(Philips, Netherlands)를 활용하여 스캔하였다. 우선 팬텀을 이용한 체적 측정 실험은 시중에서 쉽게 구할 수 있는 돼지 사체 중앙 부에 체적 8.18 cm<sup>3</sup>, 25.4 cm<sup>3</sup>, 47.7 cm<sup>3</sup>의 합성고무 재질의 원형 팬텀을 위치시키고 스캔하였다. 획득한 영상데이터를 이용하여 CT 데이터는 Siemens 사의 Syngo.via 프로그램을 사용하고, 초음파 영상은 장치 내 체적 측정기능을 활용하여 체적을 측정하였고 대상장치가 체적을 정확히 구현하는지 평가해 보았다. 각 데이터의 체적 측정은 10회씩 측정 후 평균값을 이용하여 정확도를 분석해 보았다.

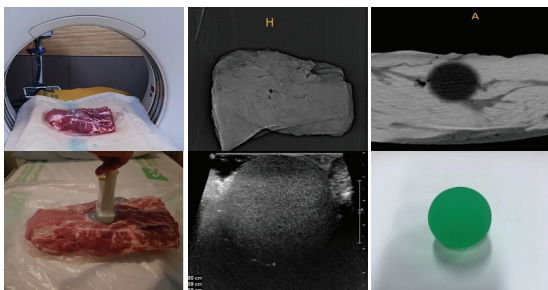


Fig. 1. Image of CT and Ultrasound scan.

### 1. 팬텀을 이용한 체적 측정

#### 1.1. CT 장치를 이용한 체적의 정확도

CT 장치를 이용하여 돼지 사체 중앙 부에 체적 8.18 cm<sup>3</sup>, 25.4 cm<sup>3</sup>, 47.7 cm<sup>3</sup>의 합성고무 재질의 원

형 팬텀을 위치시키고 복부 스캔 조건으로 스캔 후 획득한 영상의 Raw data를 이용하여 영상 후처리 장치인 workstation Syngo.via 프로그램을 활용하여 Fig. 2와 같이 원형 팬텀의 단면을 한 슬라이스 단위로 그려낸 다음 각 단면의 영상 수와 절편 두께를 곱하여 전체 체적을 구하는 반자동화 방법으로 그려본 후 실제 체적과의 유사성을 분석해 보았다.

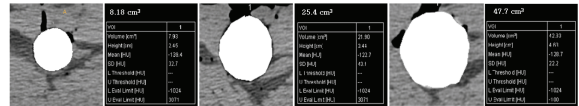


Fig. 2. Image of volume measurement using CT image data.

#### 1.2. 초음파 장치를 이용한 체적의 정확도

초음파 장치를 이용하여 스캔하여 영상을 정지시킨 후 체적 측정기능을 활용하여 Fig. 3과 같이 데이터의 세로축과 가로축의 길이를 측정하여 체적을 측정하였다. 그 후 실제 체적과의 유사성을 분석해 보았다.

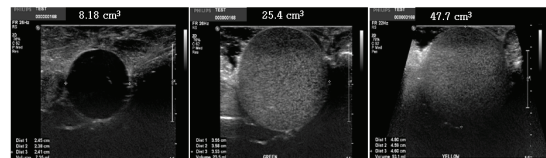


Fig. 3. Image of volume measurement using Ultrasound image data.

## 2. 환자 스캔 영상을 활용한 체적 측정

### 2.1. 방광의 체적 측정

실험 전 진료목적으로 스캔 된 영상을 활용하여 방광의 CT 데이터는 workstation Syngo.via 그리고 방광의 초음파 영상은 체적 측정 기능을 적용하였다. 측정된 값을 이용하여 각 장치로 획득한 영상의 체적 값의 정확도와 유사성을 비교해 보았다.

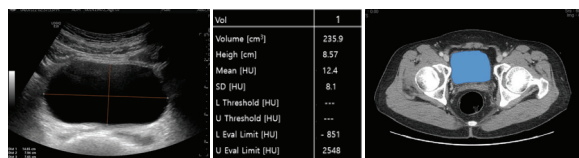


Fig. 4. Image of volume measurement using clinical image data.

### III. RESULT

#### 1. 팬텀을 이용한 체적 측정

##### 1.1. CT 장치를 이용한 체적의 정확도

세 가지 크기와 체적의 원형 팬텀을 CT 장치를 이용하여 스캔 후 획득한 영상을 이용하여 실제 체적과 비교하여 정확도를 측정한 결과 실제 체적 8.18 cm<sup>3</sup>의 원형 팬텀의 경우 8.19 ± 0.4 cm<sup>3</sup>로 측정되었고 통계 분석결과 오차범위 안에서 차이가 없는 것으로 분석되었다(p>0.05). 실제 체적 22.4 cm<sup>3</sup>는 평균 체적은 21.39 ± 0.6 cm<sup>3</sup>로 측정되었으며 통계 분석결과 오차범위 안에서 차이가 없는 것으로 분석되었다(p>0.05). 실제 체적 47.7 cm<sup>3</sup>는 평균 체적은 45.82 ± 1.3 cm<sup>3</sup>로 측정되었고 통계 분석결과 오차범위 안에서 차이가 없는 것으로 분석되었다(p>0.05)

##### 1.2. 초음파 장치를 이용한 체적의 정확도

세 가지 크기와 체적의 원형 팬텀을 CT 장치를 이용하여 스캔 후 획득한 영상을 이용하여 실제 체

적과 비교하여 정확도를 측정한 결과 실제 체적 8.18 cm<sup>3</sup>의 원형 팬텀의 경우 8.20±0.4 cm<sup>3</sup>로 측정되었고 통계 분석결과 오차범위 안에서 차이가 없는 것으로 분석되었다(p>0.05), 실제 체적 22.4 cm<sup>3</sup>는 평균 체적은 21.99 ± 0.6 cm<sup>3</sup>로 측정되었으며 통계 분석결과 오차범위 안에서 차이가 없는 것으로 분석되었다(p>0.05), 실제 체적 47.7 cm<sup>3</sup>는 평균 체적은 46.23 ± 0.6 cm<sup>3</sup>로 측정되고 통계 분석결과 오차범위 안에서 차이가 없는 것으로 분석되었다(p>0.05).

#### 2. 환자 스캔 영상을 활용한 체적 측정

##### 2.1. 방광의 체적 측정

환자 스캔 영상을 활용하여 방광의 체적을 CT 데이터와 초음파 스캔 영상을 활용하여 체적 측정 후 유사성을 비교한 결과 CT 데이터의 평균 체적은 236.9 ± 2.1 cm<sup>3</sup>로 측정되었고, 초음파 영상의 평균 체적은 236.9 ± 1 cm<sup>3</sup>로 측정되었다. 또한, 두 영상에서 측정된 체적 값을 이용하여 통계 분석한 결과 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다(p>0.05).

Table 1. volumetric measurement using CT image data

[unit:cm<sup>3</sup>]

No. cm <sup>3</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average	p
8.18	8.21	8.20	8.14	8.21	8.09	8.23	8.27	8.21	8.22	8.20	8.19 ± 0.4	0.08
22.4	21.8	22.1	23.3	21.2	22.1	22.1	21.9	22.1	22.1	22.2	22.09 ± 0.5	0.057
47.7	45.7	44.9	45.3	46.1	48.6	47.1	42.8	44.2	45.9	45.6	45.62 ± 1.5	1.56

Table 2. volumetric measurement using ultrasound image data

[unit:cm<sup>3</sup>]

No. cm <sup>3</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average	p
8.18	8.20	8.21	8.10	8.21	8.19	8.21	8.30	8.21	8.22	8.21	8.20 ± 0.4	0.056
22.4	21.5	22	23.4	21	22.1	22	22	22	22	21.9	21.99 ± 0.6	0.062
47.7	46.2	47.9	46.2	46.2	46.2	45.9	45.7	45.8	46.2	46	46.23 ± 0.6	0.051

Table 3. volumetric measurement using CT and ultrasound bladder scan images

[unit:cm<sup>3</sup>]

Modality	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average	p
CT	237.1	232.2	238	236.9	235.4	237.2	240.2	237.5	237.9	237	236.9 ± 2.1	0.42
USG	236.4	237	236.9	235.9	238.1	235.1	237.9	237.1	238.1	236.1	236.9 ± 1	

#### IV. DISCUSSION

의료영상을 이용한 체적 측정은 실제 해부학적 구조뿐만 아니라 병변의 체적을 측정하는 데 있어 의미가 있다. 또한, 진단의 정확도 향상과 더불어 치료계획 수립 시 중요한 정보를 제공하고 병변 판단 시 적합도가 우수하므로 임상에서 많이 활용된다<sup>[6]</sup>. 예를 들어 초음파를 이용한 방광 체적 측정은 방광의 형태학적 정보와 더불어 잔뇨 정도 등을 측정하여 관련 질환에 대한 정보를 제공하는 데 있어 매우 의미가 있다. 또한, CT 데이터의 경우 간이식 시행 전 공여자의 간 체적을 측정하여 이식 가능 여부를 결정 시 체적에 대한 중요한 정보를 제공한다. 초음파와 CT 데이터의 경우 관심 부위의 단면 영상을 제공하는 점과 스캔 영상데이터를 이용하여 3D 영상을 재구성하여 체적 정보를 제공할 수 있다는 점은 두 장치의 공통적 장점이라고 할 수 있다. CT와 초음파 장치는 개발된 후 불과 수년 사이에 의료영상의 다양한 영상 재구성 기능들이 개발되어 기존의 단면 영상에 대한 정보 제공뿐만 아니라 입체적인 체적 정보까지 제공할 수 있어 진단 및 수술지표로도 많이 활용되고 있다. 초음파를 이용한 체적 측정의 경우 스캔 후 획득한 영상을 이용하여 가장 긴축을 점을 이어 그려 측정하면 체적이 측정되어 상대적으로 간단하게 측정되어 진다. CT 데이터를 활용한 체적 측정은 스캔으로 축적된 체적 데이터를 이용하여 3D 프로그램에 적용하여 체적을 측정하는 방법이 있고 보다 정밀한 방법으로 간이식처럼 오차 없는 데이터가 필요한 경우는 CT 스캔 후 연속적인 CT의 단면 영상을 이용하여 컴퓨터 그래픽으로 간의 단면을 그려낸 다음 각 단면과 절편 두께를 곱하여 간 전체의 체적을 구하는 반자동화 방법도 있다. 하지만 이 방법은 체적 측정 시간이 많이 소요돼도 영상데이터가 있어도 측정 프로그램이 없으면 측정할 수 없다는 단점이 있다<sup>[7]</sup>. 또한, 단면을 그리는 작업자의 기술과 경험도는 체적 값의 정확도를 좌우한다. 그 외 간 영상에 전문적인 지식을 가지고 있는 관찰자에 의존해야 하므로, 임상에서 쉽게 적용하기에는 많은 제한점이 있다<sup>[8,9]</sup>. 이에 우리는 체적 측정이 가능하고 임상에서 많이 적용하는 CT 장치와 초음파 검사장

치를 활용하여 체적 측정 시 장치별 정확도와 유용성을 비교해 보았다. 그 결과 CT 그리고 USG 데이터를 활용한 체적 측정에서 실제 원형의 팬텀과 차이가 있다고 말하기 어려웠으며( $p>0.05$ ), 실제 환자 스캔 영상을 활용한 동일 환자의 방광 체적 측정에서도 초음파와 CT 데이터를 활용한 결과 CT 데이터는 체적이  $236.9 \pm 2.1$ , USG 데이터는 체적이  $236.9 \pm 1$ 로 측정되었고 통계분석 결과 유의한 차이가 있다고 말하기 어려운 것으로 분석되었다( $p>0.05$ ). 이러한 결과는 CT 데이터와 USG 데이터를 활용 시 동일 환자의 장기에 대한 체적 측정 시 차이가 없는 체적 값으로 측정된다는 것을 의미하기 때문에 목적에 맞게 취사 선택하여 활용 되어져야 할 것이다. Katsuyoshi 등의 연구결과에 의하면 간용적의 측정은 CT가 정확하여 특히 간 경화환자의 용적측정에 매우 유용하다고 하였다<sup>[10]</sup>. 하지만 본 실험에서는 현재 임상에서 체적 측정 시 적용 중인 다양한 해부학적 구조에 대한 체적 측정 분석을 진행하지 못한 점이 부족했다. 이는 추후 임상 연구의 추가실험을 통해 결과 도출이 필요할 것으로 생각된다. 일반적으로 임상에서는 의료영상정보를 이용하여 다양한 해부학적 구조 및 병변에 대한 정보를 얻고 있다<sup>[11]</sup>. 그중 임상에 많이 사용하는 초음파 또는 CT 장치로 획득한 영상의 체적 측정의 정확도를 분석해 보았고 실제 장치별 체적 값은 유사한 결과로 분석되었다. 따라서 피폭의 위험인자, 검사자의 스캔 기술, 그리고 CT 재구성 경험, 목적 등을 고려하여 장치의 선택을 해야 할 것이다. 또한, 중대한 수술이 아닌 체적의 변화 정도를 추적검사 시에는 초음파를 이용해도 큰 문제가 없지만, 간이식 같은 중대 수술을 위한 계획에서는 CT 데이터 활용할 것을 권고하며 기존의 새로운 병변이나 장기의 체적 측정 시는 2가지 검사결과를 분석하여 적용한다면 체적에 대한 보다 정확한 정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

#### V. CONCLUSION

본 연구는 의료영상을 활용한 체적 측정을 CT와 USG 스캔 데이터를 활용하여 체적 측정 시 두 장치의 정확도와 신뢰도를 비교해 보았다. 그 결과

장치별 체적 값은 오차범위 안에서 차이가 없는 것으로 분석되었다. 따라서 체적 측정 장치의 선정은 환자 피폭, 검사자의 스캔 기술, 그리고 CT 재구성 경험 그리고 선량 감소 효과 등을 고려하여 적절히 적용한다면 매우 유용할 것으로 생각되며 활용도 또한 높아질 것으로 사료된다.

## Reference

- [1] J. H. Kim, "Imaging Informatics: A New Horizon for Radiology in the Era of Artificial Intelligence, Big Data, and Data Science", *Journal of Korean Society of Radiology*, Vol. 80, No. 2, pp. 176-201, 2019. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.3348/jksr.2019.80.2.176>
- [2] M. Hori, K. Suzuki, M. L. Epstein, R. L. Baron, "Computed tomography liver volumetry using 3-dimensional image data in living donor liver transplantation: Effects of the slice thickness on the volume calculation", *Journal of Liver Transplantation*, Vol. 17, No. 12, pp. 1427-1436, 2011. <https://doi.org/10.1002/lt.22419>
- [3] M. C. Lim, C. H. Tan, J. Cai, J. Zheng, A. W. C. Kow, "CT volumetry of the liver: Where does it stand in clinical practice?", *Clinical Radiology*, Vol. 69, No. 9, pp. 887-895, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crad.2013.12.021>
- [4] G. H. Jin, T. S. Lee, "Indirect Volume Rendering of Hepatobiliary System from CT and MRI Images", *Journal of Korean Society of Radiology*, Vol. 1, No. 2, pp. 23-30, 2007.
- [5] W. J. Choi, D. H. Kim, "A Study on the Shielding of Orbit by 3D Printed Filament in Brain CT", *Journal of Korean Society of Radiology*, Vol. 15, No. 2, pp. 101-108, 2021. <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2021.15.2.101>
- [6] Y. H. Sung, Y. H. Joo, B. Y. Choi, "Measurement of Prostate Phantom Volume Using Three-Dimensional Medical Imaging Modalities", *Journal of Biomedical Engineering Research*, Vol. 31, No. 4, pp. 285-291, 2010.
- [7] S. M. Park, Y. J. Lee, J. W. Park, "Auto-Segmentation Algorithm For Liver-Vessel From Abdominal MDCT Image", *Journal of Korean Multimedia Society*, Vol. 13, No. 3, pp. 430-437, 2010.
- [8] I. G. Hwang, S. J. Ko, S. Y. Choi, "The Objective Image Analysis for HCC and HH with a Axial Image of Liver CT Scan", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 15, No. 9, pp. 411-417, 2010. <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2015.15.09.411>
- [9] J. D. Yang, S. H. Lee, H. P. Hwang, S. W. Ahn, Y. H. Chul, "Estimation of Standard Liver Volume Using CT Volume, Body Composition, and Abdominal Geometry Measurements", *Yonsei Medical Journal*, Vol. 59, No. 4, pp. 546-553, 2018. <http://dx.doi.org/10.3349/ymj.2018.59.4.546>
- [10] K. T. Hong, C. J. Kim, J. H. Kim, J. A. Choi, C. M. Park, I. H. Cha, "CT Square Index of Hepatic Segment: The Significance in Cirrhotic Patients", *Korean Journal of Radiology*, Vol. 42, No. 1, pp. 95-99, 2000. <http://doi.org/10.3348/jkrs.2000.42.1.95>
- [11] Y. J. Lee, S. W. Lee, S. H. Hwang, "Improving Domain Generalization Performance for Medical Image Segmentation by Self-Supervised Learning", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, Vol. 47, No. 2, pp. 180-189, 2021. <http://dx.doi.org/10.7232/JKIIE.2021.47.2.180>

## CT 및 초음파 스캔 데이터를 이용한 체적 측정의 정확도 및 유용성

김현주, 이후민, 윤 준\*

동남보건대학교 방사선학과

### 요 약

본 연구는 CT와 USG 스캔 데이터를 이용하여 팬텀 실험과 환자 스캔 데이터를 활용하는 임상실험으로 체적 측정의 정확도 및 유용성을 알아보았다. 그 결과 CT와 USG 스캔 데이터 모두 다양한 체적의 실제 원형 팬텀의 체적과 유의한 차이가 없었으며( $p>0.05$ ), 동일 환자의 방광 체적 측정 결과 CT 데이터는  $236.9\pm 2.1$ , USG 영상은  $236.9\pm 1$ 로 측정되어 통계분석 결과 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다( $p>0.05$ ). 본 결과의 임상 적용은 추가 임상실험이 필요하지만, 환자 피폭, 검사자의 스캔 기술, 그리고 CT 재구성 경험 등을 고려하여 CT 또는 초음파 장치를 선택 적용한다면 의료영상을 활용한 체적 측정의 유용성 측면에서 기초자료로 적용 가치가 있을 것으로 사료된다.

중심단어: CT, USG, 체적, 측정, 팬텀, 방광

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	김현주	동남보건대학교 방사선학과	교수
(공동저자)	이후민	동남보건대학교 방사선학과	교수
(교신저자)	윤 준	동남보건대학교 방사선학과	교수