

# Study of Appropriate Increment during VRT Rendering before Musculoskeletal Surgery

Heon-Hyo Gang, Dong-Hyun Kim\*

Department of Radiological Science, Collage of Health Sciences, Catholic University of Pusan

Received: August 01, 2019. Revised: October 28, 2019. Accepted: October 31, 2019

## ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of increasing the amount of 3D volume imaging on the hand, knee, and foot human phantom in CT. After analyzing the data, three - dimensional volumetric images were implemented using MMWP program to evaluate reproducibility. First, the data amount of three human phantoms according to each increment was analyzed. Secondly, the reproducibility evaluation and the measured length were compared. As a result of analyzing the amount of image data for each phantom according to the increment, it was confirmed that the amount of data is reduced to about 1/10 when the increment is set to 1.0 mm as compared with the case where the increment is set to 0.1 mm. In the evaluation of the feasibility, gap was generated from 0.7mm for hand phantom, 0.6mm for knee phantom and foot phantom, and it was confirmed that even when the actual phantom and actual length were compared, the length was much different and the implementation was lowered. As the increment is closer to 1.0mm, the number of images is small and the 3D implementation time is small. Therefore, it is best to determine the increase before the gap of the image is generated and to apply the Increment for preoperative diagnosis. We hope that this study will be an indicator of the accurate increment setting when implementing 3D image through VRT Rendering after CT scan.

Keywords: Computed Tomography, MMWP, Three-dimensional volumetric image, Increment

## I . INTRODUCTION

최근 평균 수명이 증가하여 고령화가 진행됨에 따라 골절환자가 많아지고 있다.<sup>[1]</sup> 장년층과 노인층은 젊은 사람에 비해 유연성이 떨어지고 골밀도도 낮기 때문에 근골격계 골절에 매우 취약하다. 최근 2016년부터 2018년까지의 65세 이상 질병 소분별 입원 다빈도 통계를 보았을 때 골절에 의한 입원이 다수였다.<sup>[2]</sup> 또한 근골격계 질환에 부담이 되는 진동작업, 무리한 힘을 써야하는 업무, 불편한 자세를 유지해야 하는 업무로 인해 팔이나 다리에 서 발생이 증가하고 있다.<sup>[3]</sup> 근골격계 질환의 환자가 늘어남에 따라 질환을 치료하기 위해서 의료 방사선의 이용이 증가하고 있다.

다양한 영상진단 분야 중 일반촬영(X-ray), 초음파(Ultrasound), CT(Computed Tomography), 자기공명영상(Magnetic Resonance Image : MRI) 등 다양한 종류의 검사 방법들이 임상에서 진단 도구로써 이용되고 있다. 그중 근골격계 환자를 대상으로 하는 영상진단 분야 중 X선 영상은 사람 몸의 3차원적인 모습이 2차원의 필름에 나타나지만, CT는 선택한 단면의 모든 모습을 보여주기 때문에 X선 영상으로는 알아내기 힘든 여러 가지 사실들을 정확하게 진단할 수 있어 CT가 많이 이용되고 있다.<sup>[4]</sup> 최근에 만들어진 다중 검출기 CT 촬영(Multi Detect or Computed Tomography ; MDCT)를 사용하게 되면서 정확한 진단에 도움을 주는 검사가 가능해졌다. 특히 다중 검출기 CT 촬영을 이용해 3차원 체적영상(Volume Rendering Technique : VRT)으로 재

\* Corresponding Author: Dong-hyun Kim

E-mail: dhkim@cup.ac.kr

Tel: 010-2079-1133

구성한 영상은 병변 부위를 입체적으로 볼 수 있어 정확한 진단을 할 수 있다. VRT영상은 컴퓨터의 비약적 발달로 질병의 진단과 치료에 더욱 중요한 역할을 하고 있다. 2차원 단면 영상으로 정확한 병소의 위치나 구조를 구별하기 어려운 단점은 VRT 영상을 통해 병소의 위치와 상태의 정확한 진단이 가능하게 되었다. VRT란 2차원 영상들의 정보를 이용하여 선과 면을 생성하고 생성된 면에 색(color)을 입혀 3차원적 영상으로 재구성한 뒤 다시 2차원 이미지로 나타내는 일련의 과정을 뜻한다.<sup>[5]</sup>

골절환자를 치료하기 위해서는 간단한 치료만을 시행하는 경우도 있지만 수술을 해야하는 경우도 있다. 수술이 필요한 골절환자의 경우에는 대부분 수술하기 전에 3D 영상을 만들어 수술에 필요한 정보를 얻어 수술계획에 이용한다. 또한 만들어진 3D 영상을 STL(Stero Lithography : STL) 파일로 변환하고 3D 프린트로 제작하여 사전 수술계획을 실시하여 수술효율에 대한 유용성을 평가하는데 쓰이기도 한다.<sup>[6]</sup>

3D영상은 CT를 촬영한 후에 Rendering 과정을 거치게 된다. 영상에서 얻어지는 원본 데이터(Raw data)를 이용하여 만들어지는데, 보통 슬라이스 두께를 얇게 설정하고 Increment를 설정 후 3D 영상으로 재구성한다.<sup>[7]</sup>

본 연구는 이러한 문제점을 해결하기 위해 VRT 영상을 구현하는 과정에서 시간이 많이 소요되지 않고 데이터의 양도 많지 않은 적절한 Increment를 찾기 위하여 0.1mm 부터 1.0mm 까지 VRT영상을 통해 근골격계 환자의 수술 전 진단 시 이상적인 Increment를 알아보고 3D 영상 구현에 가장 적절한 Increment를 찾고자 하였다.

## II. MATERIAL AND METHODS

본 연구에서 실험 장비로는 Siemens 사의 128채널 Somatom Definition AS+가 사용되었으며 검사 프로토콜 Parameter는 다음과 같다.

사용된 인체 팬텀 부위는 Fig. 1.와 같이 손(Hand), 무릎(Knee), 발(Foot) 부위의 3가지 팬텀을 이용하여 부위별 VRT Rendering을 위해 Siemens 사의 소프트웨어 프로그램인 MMWP(Multi Modality Work Place ;

MMWP) 프로그램을 사용하였다.

Table 1. Scan Parameter

	Hand	Knee	Foot
kV	100	120	120
mAs	120	150	100
Scan Type	Helical		
Slice Thickness	2mm		
Pitch	0.8		
Rotation Time	1sec		
Kernel	B60s sharp		



Fig. 1. Human Phantom.

## 2. 실험방법

### 2.1 데이터 양 비교

손(Hand), 무릎(Knee), 발(Foot) 인체 팬텀을 Somatom Definition AS+ CT 장비를 이용하여 Table1 과 같은 각각의 프로토콜에 따라 스캔한 후 만들어진 원본 데이터 영상을 각 부위 별로 0.1mm~1.0mm 까지 Increment를 변경해 가며 VRT Rendering 시 Increment에 따른 이미지 수의 변화를 관찰하였다.

### 2.2 3D 구현성 평가

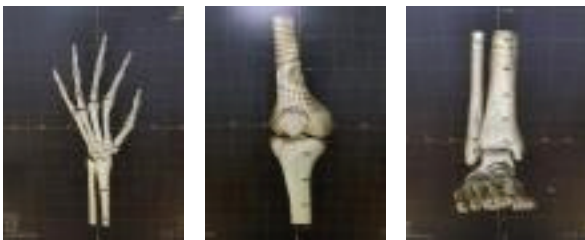
#### 가. 각 Increment에 따른 재현성 평가

원본데이터를 기반으로 부위별 인체 팬텀의 Increment를 0.1~1.0mm 까지 MMWP 프로그램을 통해 VRT 영상으로 Rendering시킨다. 그 후 형성된 VRT 영상을 Increment에 따른 화질로 대조해 근골격계 환자의 수술 전 VRT 영상 Rendering이 시각적으로 실제와 가장 유사한 최적의 VRT 영상을 형성할 수 있는 Increment를 찾는다.

#### 나. 실제 팬텀과 3D 영상의 실측 길이 비교

각각의 Increment에 따른 재현성 평가 후 생성된

VRT 영상을 MMWP 프로그램에서 격자를 표시해서 True AP, True Lateral 자세로 설정해서 각 부위 중 가장 두꺼운 x, y, z축 길이를 Increment 별로 측정한다. 실제 팬텀의 길이도 VRT 영상과 동일한 x, y, z 축 길이를 측정한 후에 VRT 영상에서의 길이와 실제 팬텀에서의 길이를 비교하였다. 팬텀의 AP에서 장축을 Major axis라 하며 lateral 에서 단축을 Minor axis라 한다.



(A) Hand (B) Knee (C) Foot

Fig. 2. Grid of MMWP.

### III. RESULT

#### 1. 각 팬텀에 대한 Image양 비교

Table 2. Number of images per site according to Increment

Increment [mm]	Hand [N]	Knee [N]	Foot [N]
0.1	2,981	3,549	2,801
0.2	1,491	1,775	1,401
0.3	994	1,183	934
0.4	746	888	701
0.5	597	710	561
0.6	497	592	467
0.7	426	507	401
0.8	373	444	351
0.9	332	395	312
1.0	299	355	281

부위 별 팬텀별로 Table 1과 동일한 조건으로 Scan 한 VRT 영상의 Increment에 따른 영상 수를 확인하였다. Increment를 가장 작은 0.1mm 로 하였을 경우 무수히 많은 영상 수가 확인 되었으며 가장 큰 1.0mm 로 하였을 경우에는 0.1mm 의 1/10 정도 되는 데이터양을 확인할 수 있었다.

#### 2. 3D 구현성 평가

##### 2.1 각 Increment에 따른 재현성 평가

Fig. 3의 (A), Fig. 4의 (A), Fig. 5의 (A)는 Increment가 가장 작은 0.1mm 의 VRT 영상이다. Fig. 3의 (B) 는 gap이 생기기 시작하는 0.7mm 의 VRT 영상이고, Fig. 4의 (B), Fig. 5의 (B)는 gap이 생기기 시작하는 0.6mm 의 VRT 영상이다. 마지막으로 Fig. 3의 (C), Fig. 4의 (C), Fig. 5의 (C)는 Increment가 가장 큰 1.0mm 의 VRT 영상이다.

##### 가. 손(Hand)



(A) 0.1mm (B) 0.7mm (C) 1.0mm

Fig. 3. Hand of phantom VRT Image.

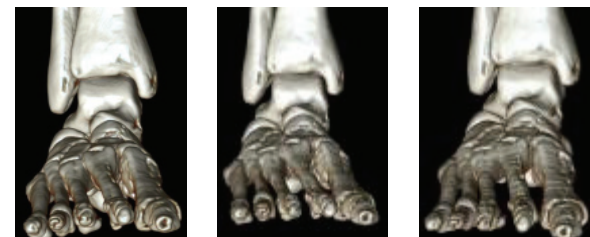
##### 나. 무릎(Knee)



(A) 0.1mm (B) 0.6mm (C) 1.0mm

Fig. 4. Knee of phantom VRT Image.

##### 다. 발(Foot)



(A) 0.1mm (B) 0.6mm (C) 1.0mm

Fig. 5. Foot of phantom VRT Image.

각 Increment 별로 영상을 진단 영상과 동일하게 확대하여 비교하였을 때 Fig. 3과 같이 손(Hand)의 경우 3가지의 인체 팬텀에서 가장 얇은 부위이지만 0.1mm 부터 0.6mm 로 설정 시 영상은 거의 동일하게 나타났으며 0.7mm 로 설정하였을 때의 영상부터 gap이 형성되어 VRT Rendering을 통한 진단 시 정확한 진단에 어려운 영상임을 확인하였다.

Fig. 4의 무릎(Knee), Fig. 5의 발(Foot)의 경우 0.1mm 부터 0.5mm 로 설정 시 영상은 거의 동일하게 나타남을 확인 할 수 있지만 0.6mm로 설정하였을 때의 영상부터 gap이 형성되어 인체에서 두꺼운 부위의 VRT Rendering이 손(Hand)과 동일하게 정확한 진단이 어렵고 재현성이 낮은 영상임을 확인하였다.

## 2.2 실제 팬텀과 3D 영상의 실측 길이 비교

실제 팬텀의 길이를 측정하고 3D 영상에서의 길이를 같은 조건과 같은 위치에서 측정하였고 실제 팬텀 길이와 3D 영상에서의 길이를 측정한 결과 Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8과 같이 손(Hand)팬텀은 0.1mm 부터 0.6mm 영상의 길이는 실제 팬텀의 길이와 유사하게 나타났으며 0.7mm 의 영상부터는 gap이 생겨 실측 길이와 비교하였을 때 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다.

무릎(Knee) 팬텀은 0.1mm 부터 0.5mm 영상의 길이는 실제 팬텀의 길이와 유사하게 나타났으며 0.6mm 의 영상부터는 gap이 생겨 실측 길이와 비교하였을 때 차이가 나는 것을 Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11에서 확인할 수 있었다.

Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14에서 발(Foot) 팬텀은 0.1mm 부터 0.5mm 영상의 길이는 실제 팬텀의 길이와 유사하게 나타났으며 0.6mm 의 영상부터는 gap이 생겨 실측 길이와 비교하였을 때 차이가 나는 것을 알 수 있었다.

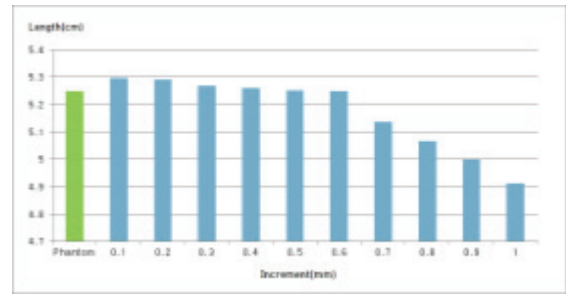


Fig. 6. Minor axis of Hand.

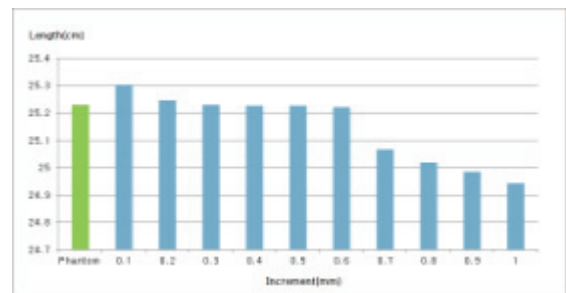


Fig. 7. Major axis of Hand.

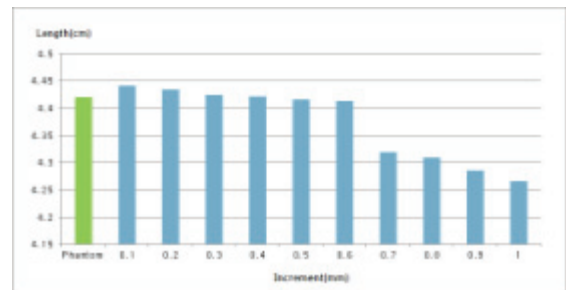


Fig. 8. Thickness of Hand.

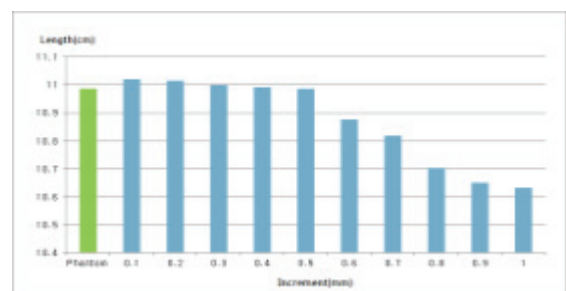


Fig. 9. Minor axis of Knee.

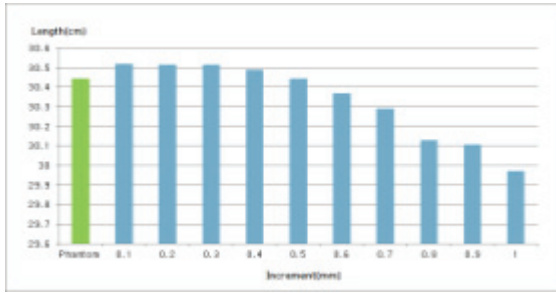


Fig. 10. Major axis of Knee.

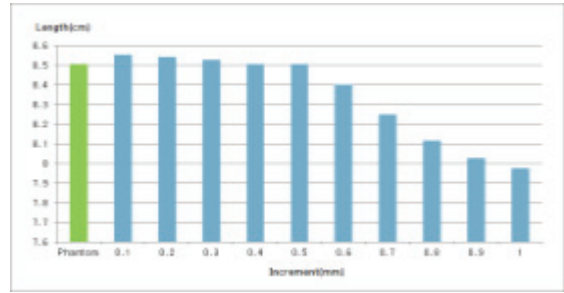


Fig. 14. Thickness of Foot.

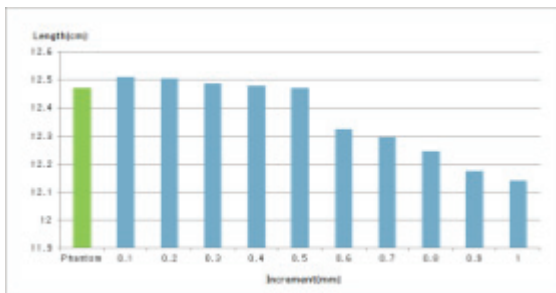


Fig. 11. Thickness of Knee.

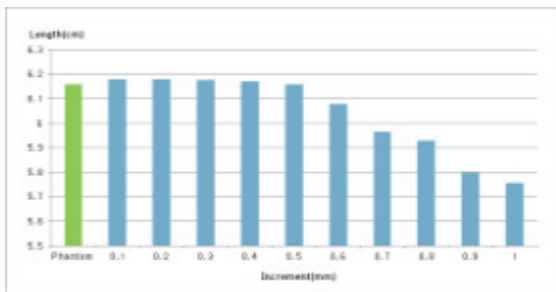


Fig. 12. Minor axis of Foot.

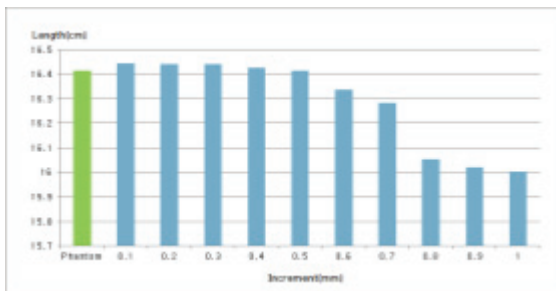


Fig. 13. Major axis of Foot.

#### IV. DISCUSSION

오늘날 CT 3D 영상은 많은 분야에서 활용되고 있는데 특히 골절환자들의 치료와 진단에도 유용하게 이용되고 있다.<sup>18)</sup> 골절환자의 수술 전 3D 입체영상을 통해 골절의 위치와 크기 정도를 분석하여 수술의 방법을 결정하기도 하고 어떤 방법으로 해부학적 구조를 복원할지 3D 영상을 STL파일로 변환하여 3D프린터로 제작한 모형을 가지고 수술 계획을 세우기도 한다.<sup>16)</sup>

본 논문에서는 근골격계 환자의 수술 전 CT 촬영을 통한 VRT Rendering 시 적절한 Increment를 찾아 재현성이 좋은 영상을 통해 근골격계 환자를 정확하게 진단하고 치료하기 위해 손(Hand), 무릎(Knee), 발(Foot) 세 가지 각 인체 팬텀을 CT로 촬영한다. 그 후 얻어진 원본 데이터 영상을 MMWP 프로그램을 이용하여 각각의 Increment별 이미지 데이터양을 확인하고 VRT Rendering 시 3D 구현성과 재현성평가를 실시한 후 실제 팬텀과의 길이 비교를 통해 적절한 Increment를 찾아보았다.<sup>17,9)</sup>

실험 결과 Increment가 0.1mm 에 비해 1.0mm 에서의 VRT 영상이 보다 적은 데이터 수를 이용하여 이미지를 형성되었으며 가장 크게 10배정도의 큰 차이가 발생하여 VRT Rendering 영상을 구현 시 과부하가 걸릴 위험이 있었다. 3D 영상의 구현성은 Increment가 높아질수록 점점 영상손실이 생겨 gap 형성되어 각각의 인체 팬텀에 대해 손(Hand)은 0.7mm, 무릎(Knee)과 발(Foot)은 0.6mm 부터 VRT Rendering이 영상에서 gap이 생성되어 재현성이 낮아짐으로 환자에 대한 진단 시 정확한 진단 결과를 내리는데 어려움이 보이는 것을 확인할 수 있었다.

또한 연구와 같이 Rendering 에 곡면이 있는 부분이 다른 부분보다 재현성이 떨어지기 때문에 곡면 부분의 Rendering시에는 더욱 주의하여 한다는 사실을 확인 할 수 있었다.<sup>[10]</sup>

본 연구는 근골격계 환자에 대한 수술 전 VRT Rendering시 적절한 Increment에 대해 알아보자 실험을 진행하였다. 현재 부산 Y 대학 병원에서는 VRT영상 구현 시 가장 적절한 Increment를 사용하고 있으나, 정확한 진단을 위해 사용하는 Increment에 대한 연구는 미비한 실정이다. 현대화 사회에서 근골격계 환자의 부위는 다양하지만, 앞의 실험에서는 3가지의 인체 팬텀인 손(Hand), 무릎(Knee), 발(Foot) 으roman 진행이 되었고, 병원과 장비에 따라 조금씩 차이가 발생할 수 있기 때문에 Siemens사의 Somatom Definition AS+ 장비만을 사용해 실험을 진행하였다.

현재 임상에서 사용하는 모든 장비의 Increment의 적절함을 도출해 내기에는 아쉬움이 있다. 하지만 위 실험을 통해 임상적인 진단에 유용한 지표가 될 수 있는 것으로 기대된다.

## V. CONCLUSION

본 연구의 결과에 따르면 부위별 Increment가 VRT Rendering시 영상의 재현성에 많은 영향을 미치고 있다. Increment가 0.1mm 일 때 데이터 수는 가장 많지만 0.1mm 부터 1.0mm 까지의 Increment 중 가장 질 좋은 영상을 얻을 수 있었다. 반면에 1.0 mm는 데이터가 손실되어 낮은 Increment 보다 재현성이 떨어지는 것을 확인하여 3가지의 인체 팬텀 실제 길이와 VRT 영상에서의 길이를 비교했을 때 gap이 생성되기 시작하는 손(Hand)은 0.7mm, 무릎(Knee)과 발(Foot)은 0.6mm 의 Increment 영상부터 실제팬텀의 실측 길이와 차이가 커져서 근골격계 수술 전 진단의 자료로 적절하지 못하였다.

본 연구를 통해 CT 촬영 후 VRT Rendering을 통한 3D 영상 구현 시 정확한 Increment 설정을 증명할 수 있는 지표가 되기를 기대한다.

## Reference

- [1] KOSIS National Statistical Portal (<http://kosis.kr/index/index.do>): Elderly Population Rate, City, County, District - 2019
- [2] KOSIS National Statistical Portal (<http://kosis.kr/index/index.do>): Elderly 65 years old or older Disease Category by Category Dabindo Sickness Benefit Status
- [3] Kyu Sang Kim, Jeong Keun Park, Dae Sung Kim: Journal of the Ergonomics Society of Korea Vol. 29, No. 4 pp.405-422, August 2010
- [4] Korean Society of Medical Video Technology, *Textbook of Computed Tomography*, Bibliographic History, pp. 190-214, 2014.
- [5] Kim, Moon - Chan: *The latest CT imaging technology theory and QC edition*, Bibliography, pp.189-213, 2007.
- [6] Oh Wan-Kyun: *Evaluation of the usefulness and applicability of orthopedic surgery using a fracture model made by low-end 3D printer*, Radiation Technology Science, Vol. 37, No. 3, pp. 203-209, 2014.
- [7] Kim Hyung-Kyun, Choi Kun-Gu, Kim Kwang-Jung: A Research regarding the Figuration Comparison of 3D Printing using the Radiation DICOM Images, Korean Contents Society Vol. 16, No. 2 pp.558-565, 2016.
- [8] Seon Ho Kim, Soon Seop Yoo, Yu Sun Kook, "3D imaging of CT images," Korean Journal of Neurosurgery, Vol. 18, No. 5, pp. 765-774, 1989.
- [9] Hyun Joo Kim, Hyun Chul Chang, Jae Hwan Jo: Evaluation on usefulness of three dimensional reconstructive computed tomography images after pedicle screws fixation, Journal of Digital Contents Society Vol.11 No. 4 pp. 553-559, 2010
- [10] Hong Seon-sook and Kim Min-jung, "Comparison of 3D Volume Rendering and Surface Rendering according to CT Protocol," Journal of Korean Computed Tomography Technology, Vol. 14 No. 1, pp. 209-217, 2012.

# 근골격계 수술전 VRT Rendering시 적절한 increment에 대한 연구

강현호, 김동현\*

부산가톨릭대학교 방사선학과

## 요 약

근골격계 수술 전 CT 촬영 후 3차원 체적영상을 Increment별로 구현하는 과정에서 시간이 많이 소요되지 않고 데이터의 양도 많지 않은 적절한 Increment를 찾아 제안하고자 한다. 이에 본 연구에서는 손, 무릎, 발 인체팬텀을 CT로 검사후, MMWP 프로그램을 사용하여 3차원 체적영상을 구현하여 재현성 평가를 하였다. 첫 실험으로는 각 Increment에 따른 세 가지 인체팬텀 별 데이터양을 분석하였다. 두번째 실험으로는 재현성평가와 실측 길이를 비교하였다. Increment에 따라 각 팬텀별로 이미지 데이터양을 분석한 결과 Increment를 0.1mm로 설정했을 때보다 1.0mm로 설정하였을 때 1/10 정도로 데이터양이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 구현성 평가를 하였을 때 손 팬텀은 0.7mm, 무릎 팬텀과 발 팬텀은 0.6mm 부터 gap이 생성되었고 실제 팬텀과 실측 길이를 비교하였을 때 길이가 많이 차이나서 구현성이 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. Increment가 1.0mm에 가까울수록 이미지 수가 적고, 3D 구현 시간이 적게 소요되지만 gap이 생성되면 구현성이 급격히 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 영상의 gap이 생성되기 전 Increment를 알아내어 적용하는 것이 수술 전 진단을 내리기에 가장 적합하다. 본 연구를 통해 CT 촬영후 VRT Rendering을 통한 3D 영상 구현시 정확한 Increment 설정을 증명할 수 있는 지표가 되기를 기대한다.

중심단어: 전산화 단층촬영, MMWP, 3차원 체적영상, Increment

## 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	강현호	부산가톨릭대학교 방사선학과	대학원생
(교신저자)	김동현	부산가톨릭대학교 방사선학과	교수