

Comparison on the Error Rates of Calibration Modes in Intervention

Chang gi Kong,¹ Young hwan Ryu^{2,*}

¹Department of Radiology, Cheom dan Hospital

²Department of Radiological Science, Donggang University

Received: September 28, 2020. Revised: October 30, 2020. Accepted: October 31, 2020

ABSTRACT

This study aimed to identify the error rates in Catheter Calibration Mode, Auto Calibration Mode, and Segment Calibration Mode among many calibration modes as a quantitative evaluation tool used for predicting the diameter and length of balloon or stent in percutaneous intravascular balloon dilatation or stent insertion. Our experiment was conducted with Copper Wire of 2 mm × 80 mm (diameter × length) manufactured elaborately for quantitative evaluation in calibration and Metal Ball of 5, 10, 15, 30, and 40 mm and Acryl Phantom of 25 mm, 50 mm, 75mm, 100 mm, 125 mm, 150mm, 175 mm, and 200 mm. At each height, subtraction images were acquired with a cineangiograph and Stenosis Analysis Tool as a software provided by the equipment company was used for measurement. To evaluate the error rates in Catheter Calibration Mode, Copper Wire was put on each acryl phantom before shooting. Copper Wire of 2 mm in diameter was set as a diameter for catheter, and Copper Wire of 8 mm in length was measured with Multi-segments. As a result, the error rates appeared at 1.13 ~ 5.63%. To evaluate the error rates in Auto Calibration Mode, the height of acryl was entered at each height of acryl phantom and the length of 8 mm Copper Wire was measured with Multi-segments and as a result, the error rates appeared at 0 ~ 0.26%. To evaluate the error rates in Segment Calibration Mode, each metal ball on the floor of table was calibrated and the length of 8 mm Copper Wire on each acryl phantom was measured and the length of 8 mm Copper Wire depending on the changes of acryl phantom height was measured with Mutli-segments and as a result, the error rates appeared at 1.05 ~ 19.04%. And in the experiment on OID changes in Auto Calibration Mode, the height of acryl phantom was fixed at 100mm and OID only changed within the range of 450 mm ~ 600 mm and as a result, the error rates appeared at 0.13 ~ 0.38%. In conclusion, it was found that entering the height values in Auto Calibration Mode, among these Calibration Modes for evaluating quantitative vascular dimensions provided by the software was the calibration method with the least error rates and it is thus considered that for calibration using a metal ball or other objects, putting them in the same height as that of treatment sites before calibrating is the method that can reduce the error rates the most.

Keywords: Catheter Calibration, Auto Calibration, Segment Calibration

I. INTRODUCTION

한국 사회의 높아진 경제 수준과 서구화로 변해가는 생활로 인해 혈관질환이 점차 증가하고 있으며, 혈관질환의 상태를 정확하게 진단하고 치료하기 위하여 인터벤션을 시행하고 있으며, 혈관의 협착 또는 폐쇄를 확인하고, 병변 부위에 Balloon이

나 Stent를 이용하여 인터벤션을 시행한다. 경피적 풍선 혈관성형술이나 경피적 혈관내 스텐트 삽입술이 널리 시행되고 증가하는 추세에 있다. 건강보험심사평가원 자료에 의하면 경피적 풍선 혈관성형술 환자(기타혈관) 가 최근 5년간 64%가 증가하였으며, 경피적 혈관내 스텐트 삽입술(기타혈관)은 약 38% 증가하였다^[1]. 경피적 혈관내 풍선 확장술

* Corresponding Author: Young Hwan Ry E-mail: ryu751207@naver.com Tel: +82-62-520-240
Address:Dept. of Radiology, Donggang University, 50 Dongmundaero, Bukgu, Gwangju, Korea.

이나 스텐트 삽입술에서 Balloon이나 Stent의 직경 및 길이의 결정은 시술의 성공 여부에 있어 중요한 요인으로 작용한다. 혈관의 크기 또는 시술 부위와 맞지 않는 Balloon이나 Stent는 환자에게 혈관 박리(Dissection)나 혈관 재협착(Restenosis)을 초래하거나 비용적인 부분이 발생할 수 있다^[2]. 이러한 문제점을 보완하기 위해 인터벤션 장비마다 직경 및 길이를 측정할 수 있는 정량적 측정을 위한 소프트웨어를 제공하고 있다. 정량적 측정을 위한 소프트웨어에서 Calibration Mode는 Catheter Calibration Mode, Auto Calibration Mode 또는 OTD(Object Table Distance) Calibration Mode 그리고 Segment Calibration Mode가 있다. 이러한 정량적 분석 중 Catheter Calibration Mode는 영상에서 Catheter의 정해진 직경을 소프트웨어에 수치를 입력하고 Catheter 외경을 측정하여 혈관을 측정하는 방법으로 간단하여 많이 사용되고 있고^[3]. Auto Calibration Mode 또는 OTD Calibration Mode는 Object부터 Table까지의 거리를 입력하여 혈관을 측정하는 방법이다. 그리고 Segment Calibration Mode은 기준이 되는 거리를 입력하고 혈관을 측정하는 방법이다. 그러나 이러한 Calibration Mode에서 오차가 발생한다고 알려져 있다. 이에 본 논문에서는 이 세 가지 정량적 측정 방법으로 아크릴 팬텀과 정교하게 제작한 Copper Wire와 Metal Ball을 이용하여 측정값의 오차율을 비교하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험 장비 및 팬텀

혈관조영 촬영장치의 실험 장비는 일 종합병원이 보유한 장비로 RF-1000-150/INNOVA-3100 (General Electric Company, France), 아크릴 팬텀은 가로 × 세로(250 mm × 250 mm) 두께 25 mm 4개, 가로 × 세로(250 mm × 250 mm) 두께 50 mm 2개를 이용하였고, Fig. 1과 같이 정교하게 제작한 Copper Wire는 직경 × 길이(2 mm × 80 mm) 이용하였으며, Fig. 2와 같이 정교하게 제작한 Metal Ball은 5, 10, 15, 30, 40 mm를 이용하여 실험하였다.

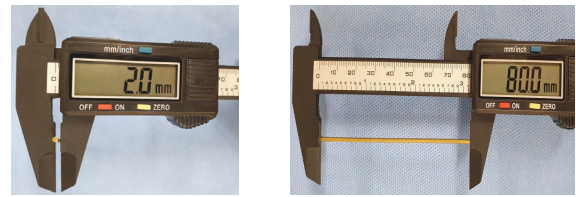


Fig. 1. Diameter of Copper Wire.



(a) 5 mm



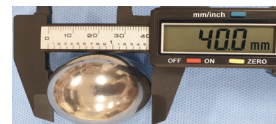
(b) 10 mm



(c) 15 mm



(d) 30 mm



(e) 40 mm

Fig. 2. Diameter of Metal Ball.

2. 실험 방법

첫 번째 실험으로는 Catheter Calibration Mode, Auto Calibration Mode, Segment Calibration Mode에서 측정하기 위해 Fig. 3과 같이 Setting 하였고, 두 번째 실험으로는 OID(Object to Image receptor Distance)를 변경했을 때 Auto Calibration Mode에서 측정하기 위해 Fig. 4와 같이 Setting 하였다.

첫 번째 실험은 Catheter Calibration Mode와 Auto Calibration Mode에서의 오차율을 평가하기 위한 방법으로 Copper Wire를 아크릴 팬텀 위에 올려놓고 아크릴 팬텀의 높이에 변화를 주었고, Segment Calibration Mode에서 오차율을 평가하기 위한 방법으로 크기가 다른 Metal Ball을 테이블 바닥에 놓고, Copper Wire는 아크릴 팬텀위에 올려놓은 상태에서 아크릴 팬텀의 높이를 변화하였다.

두 번째 실험은 Auto Calibration Mode에서 OID

변화에 대한 오차율을 평가하기 위한 방법으로 Copper Wire를 아크릴 100 mm 팬텀 위에 올려놓고 OID를 변화하여 실험하였다.

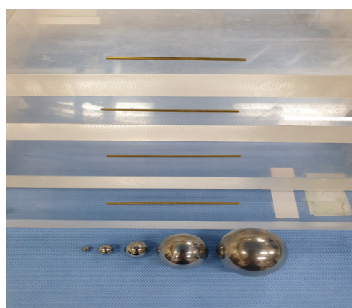


Fig. 3. Copper Wired on Acrylic Phantom to evaluate error rates in Catheter Calibration Mode and Auto Calibration Mode Metal Ball for evaluating error rates in Segment Calibration Mode.

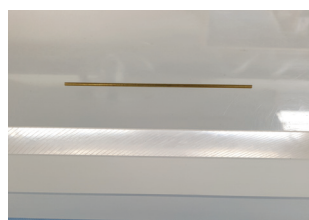


Fig. 4. Copper Wire over the Acrylic Phantom.

3. 실험 조건

첫 번째 실험의 조건은 Setting 되어 있는 노출조건 0.3 mm/Cu, 67 kv, 146 mA, 40 ms로 유지하고, Catheter Calibration Mode와 Auto Calibration Mode에서의 오차율을 평가를 위한 실험은 직경 × 길이 (2 mm × 80 mm) Copper Wire를 아크릴 팬텀 위에 올려놓고 아크릴의 높이를 25 mm 간격으로 25 mm, 50 mm, 75mm, 100 mm, 125 mm, 150mm, 175 mm, 200 mm로 하였다. Segment Calibration Mode에서의 오차율을 평가하기 위한 실험은 Metal Ball을 이용한 실험으로 Metal Ball은 테이블 바닥에 놓고 Metal Ball은 5 mm, 10 mm, 15 mm, 30 mm, 40 mm로 하였고, 실험 노출조건은 Catheter Calibration Mode와 Auto Calibration Mode와 동일하게 적용하였다.

두 번째 실험의 조건은 Auto Calibration Mode에

서 OID 변화에 대한 오차율을 평가하기 위한 방법으로 직경 × 길이(2 mm × 80 mm) Copper Wire를 아크릴 100 mm 팬텀 위에 올려놓고 OID를 45 cm, 55 cm, 60cm, 65 cm으로 변화를 주어 측정하였다.

4. 분석 방법

장비 회사에서 제공하는 소프트웨어 Advantage Workstation 4.3 버전에서 Stenosis Analysis Tools의 Catheter Calibration, Auto-Calibration, Segment Calibration Mode에서 각각 Multi-segments로 길이를 측정하였다.

5. 측정 및 평가 방법

본 실험은 혈관조영 촬영장치로 Subtraction 영상을 획득하여 장비 회사에서 제공하는 소프트웨어 Advantage Workstation 4.3 버전으로 측정하였다.

Catheter Calibration Mode에서의 오차율을 평가하기 위한 방법으로 Fig. 5와 같이 직경 2 mm Copper Wire를 Catheter의 직경으로 하여 길이 8 mm Copper Wire의 길이를 Multi-segments로 측정하였다. Copper Wire는 아크릴 팬텀위에 올려놓고 아크릴 팬텀을 25 mm, 50 mm, 75mm, 100 mm, 125 mm, 150mm, 175 mm, 200 mm로 하여 각각의 높이에서 측정하여 분석하였다.

Calibration Factor	: 0.245 mm/pix
Imprecision	: ±6 %
Object-tabletop distance	: N/A
Calibration Method	: Catheter
Extended	: No
Object Size	: 2.00 mm

Fig. 5. Copper wire diameter calibration in Catheter Calibration Mode.

Auto Calibration Mode에서의 오차율을 평가하기 위한 방법으로 Fig. 6과 같이 Auto Calibration Mode에서 각각의 아크릴 팬텀의 높이에 대한 수치를 입력하고 8 mm Copper Wire의 길이를 Multi-segments 측정하여 분석하였다.

Segment Calibration Mode에서의 오차율을 평가하기 위한 방법으로 Fig. 7과 같이 테이블 바닥에 있는 각각의 Metal Ball을 각각 Calibration하고, 각각

의 아크릴 팬텀 위에 올려 있는 8 mm Copper Wire의 길이를 측정하여 아크릴 팬텀 높이 변화에 대한 8 mm Copper Wire 길이를 Multi-segments 측정하여 분석하였다.

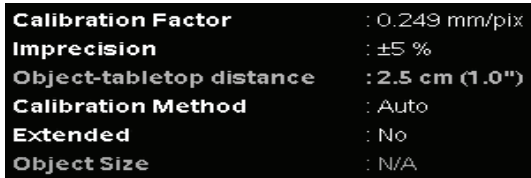


Fig. 6. Acrylic phantom height calibration in Auto Calibration Mode.

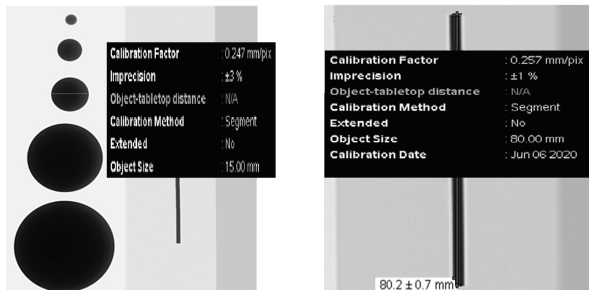


Fig. 7. Metal Ball diameter calibration in Segment Calibration Mode.

Auto Calibration Mode에서의 OID 변화에 대한 오차율을 평가하기 위한 방법으로 Fig. 8과 같이 Auto Calibration Mode에서 아크릴 팬텀의 높이 100 mm 입력 후 각각의 OID에서 8 mm Copper Wire 길이를 Mutli-segments 측정하여 분석하였다.

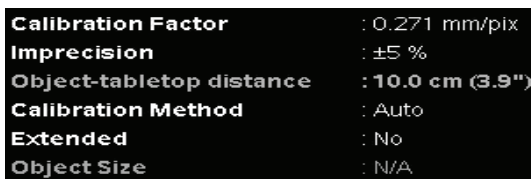


Fig. 8. Copper Wire Length Measurements for OID Changes in Auto Calibration Mode.

III. RESULT

1. Catheter Calibration Mode에서의 오차율 평가

직경 2 mm, 길이 8 mm Copper Wire를 25 mm, 50 mm, 75mm, 100 mm, 125 mm, 150mm, 175 mm,

200 mm의 아크릴 팬텀 위에 각각 올려놓고 각각의 높이에서 Catheter Calibration Mode로 직경 2 mm의 Copper Wire의 직경을 Catheter의 직경으로 Calibration하고, 길이 8 mm를 Multi-segments로 3회 측정하여 분석하였다. 측정 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Measurement of the length of the copper wire for diameter calibration in Catheter Calibration Mode

Acryl phantom	Length of Copper Wire(mm)	error factor(%)
25 mm	78.6 ± 4.9	1.75
50 mm	79.1 ± 4.7	1.13
75 mm	84.5 ± 19.5	5.63
100 mm	77.7 ± 5.0	2.88
125 mm	77.6 ± 4.8	3.00
150 mm	77.3 ± 6.1	3.38
175 mm	78.5 ± 6.2	1.88
200 mm	75.8 ± 7.2	5.25

2. Auto Calibration Mode에서의 오차율 평가

직경 2 mm, 길이 8 mm Copper Wire를 25 mm, 50 mm, 75mm, 100 mm, 125 mm, 150mm, 175 mm, 200 mm의 아크릴 팬텀 위에 각각 올려놓고 각각의 높이에서 Auto Calibration Mode로 각각의 아크릴 팬텀의 높이에 대한 수치를 입력하고 8 mm Copper Wire의 길이를 Multi-segments로 3회 측정하여 분석하였다. 측정 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Measurement of the length of the copper wire for acrylic phantom height calibration in Auto Calibration Mode

Acryl phantom	Length of Copper Wire(mm)	error factor(%)
25 mm	80.0 ± 1.7	0
50 mm	80.2 ± 0.7	0.26
75 mm	80.0 ± 0.7	0
100 mm	80.0 ± 0.8	0
125 mm	80.1 ± 0.9	0.12
150 mm	80.2 ± 0.8	0.26
175 mm	80.1 ± 0.8	0.12
200 mm	80.0 ± 0.9	0

3. Segment Calibration Mode에서의 오차율 평가

직경 10 mm, 15 mm, 30 mm, 40 mm의 Metal Ball을 테이블 바닥에 놓은 상태에서 Calibration하고, 직경 2 mm, 길이 8 mm Copper Wire를 25 mm,

50 mm, 75mm, 100 mm, 125 mm, 150mm, 175 mm, 200 mm의 아크릴 팬텀 위에 각각 올려놓고 각각의 높이에서 아크릴 팬텀 위에 올려 있는 8 mm Copper Wire의 길이를 측정하여 아크릴 팬텀 높이

변화에 대한 8 mm Copper Wire 길이를 Multi-segments로 3회 측정하여 분석하였다. 측정 결과는 Table 3와 같다.

Table 3. Measurement of the length of the coper wire for each metal ball diameter calibration in Segment Calibration Mode

acryl phantom	Length of Copper Wire(mm)							
	Metal Ball Diameter 10 mm	error factor(%)	Metal Ball Diameter 15 mm	error factor(%)	Metal Ball Diameter 30 mm	error factor(%)	Metal Ball Diameter 40 mm	error factor(%)
25 mm	80.96±4.1	1.20	79.13±2.6	1.09	78.86±1.4	1.43	79.16±1.1	1.05
50 mm	78.26±4.0	2.18	76.73±2.6	4.09	76.26±1.3	4.68	76.67±1.1	4.16
75 mm	75.90±3.9	5.13	74.36±2.5	7.05	74.13±1.3	7.34	74.23±1.1	7.21
100 mm	73.36±3.6	8.30	71.90±2.4	10.13	71.70±1.3	10.38	71.83±1.0	10.21
125 mm	71.60±3.6	10.50	71.26±2.5	10.93	70.16±1.2	12.30	70.30±1.0	12.16
150 mm	70.76±3.6	11.55	68.36±2.3	14.55	68.00±1.2	15.00	67.80±1.0	15.25
175 mm	71.26±3.8	10.93	68.03±2.3	14.96	66.73±1.2	16.59	66.20±1.0	17.25
200 mm	69.40±3.7	13.25	66.96±2.4	16.30	64.77±1.2	19.04	64.90±0.9	18.88

4. Auto Calibration Mode에서의 OID 변화에 대한 오차율을 평가

직경 2 mm, 길이 8 mm Copper Wire를 100 mm의 아크릴 팬텀 위에 올려놓고 OID 450 mm, 500 mm, 550mm, 600 mm 각각의 높이에서 아크릴 팬텀 위에 올려 있는 8 mm Copper Wire의 길이를 측정하여 OID 변화에 대한 8 mm Copper Wire 길이를 Multi-segments로 3회 측정하여 분석하였다. 측정 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Measurement of the length of the coper wire for the change of OID in Auto Calibration Mode.

OID	Length of Copper Wire(mm)	error factor(%)
450 mm	80.1 ± 4.0	0.16
500 mm	80.3 ± 4.3	0.38
550 mm	80.2 ± 4.3	0.25
600 mm	79.9 ± 4.0	0.13

IV. DISCUSSION

중재적 시술의 발달로 우리 몸의 동맥 또는 정맥의 만성협착 및 폐쇄 환자에서 재개통을 위한 경피적 풍선 혈관성형술 또는 스텐트 삽입술이 시행되

고 있고, 시행률도 점차적으로 증가하고 있다. 이러한 중재적 시술에서 병변의 크기보다 과도하게 큰 풍선의 사용은 혈관 파열을 유발할 수 있으며, 병변에 맞지 않은 작은 크기의 풍선은 치료를 늦추게 하거나 혈관 크기에 맞는 풍선의 재선택으로 비용적인 문제도 발생 될 수도 있다. 그리고 혈관 크기에 맞지 않은 스텐트의 사용은 급성폐쇄나 천공을 초래할 수 있고, 혈전증 및 Restenosis를 초래할 수 있다⁴⁾.

FFR(Fractional Flow Reserve)이나 혈관 내 초음파(IVUS)를 이용하여 혈관의 상대나 병변의 크기를 평가하기 위한 객관적이고 재현 가능한 도구로 광범위하게 사용되어 왔으며, 또한 중재 전후와 필요할 때 사후관리자에게 증거를 제공하는 도구로 사용되고 있다^{5,6)}. 하지만 이러한 장비가 Setting 되어 있지 않은 곳에서는 장비에서 제공하는 소프트웨어를 이용하여 정량적인 혈관의 치수를 평가하고 있다.

혈관계 질환검사에서 유용하게 사용되고 있는 정량적 측정을 위한 Calibration Mode에는 Catheter Calibration Mode, Auto Calibration Mode 또는 OTD Calibration Mode 그리고 Segment Calibration Mode가 있다. 이들 Calibration Mode에서의 오차율을 알아보기 위해 정밀하게 제작된 직경 2 mm, 길이 8

mm Copper Wire를 이용하였다.

Catheter Calibration Mode에서 Copper Wire의 직경을 Catheter 크기로 입력하였으며, 측정 결과는 1.13 ~ 5.63%의 오차율이 나타났다. Copper Wire의 직경의 크기만 입력하였고, 아크릴 팬텀의 높이는 입력하지 않았다. 이정범 등에 의하면 Catheter calibration은 사용과 측정법이 간단하지만 Catheter calibration으로 측정시 Catheter의 제조회사별로 외경 측정 오차가 범위가 (3.5~22.2%)로 커서 정확한 측정 방법으로 바람직하지 않다고 하였다^[7].

Auto Calibration Mode에서 실험의 측정 결과 0 ~ 0.26%의 오차율이 나타났고, 실제의 Copper Wire의 길이와 Calibration하여 측정된 길이와 일치하는 것을 알 수 있었다. 이정범 등에 의하면 테이블과 혈관의 높이를 알고 있을 경우 TOD를 이용한 오차가 1.5% 이내로 거의 비슷하게 측정되었고, Catheter의 외경에 의한 Calibration보다는 TOD 또는 Sizing Catheter를 이용해 Calibration 하여 Vessel Diameter, Length를 측정하는 것이 더 유용한 방법이라고 제시하고 있다^[7]. 또한 서정범 등에 의하면 CT영상을 통한 TOD(Table Object Distance) Calibration을 한 경우, 오차의 범위는 평균 Diameter에서는 최대 2.4%, 최대 Diameter에서는 4.3%로 Catheter Calibration보다 오차의 범위가 적다고 하였다^[8].

Segment Calibration Mode에서의 실험은 직경 10 mm Metal Ball에서 1.20 ~ 13.25% 오차율, 직경 15 mm Metal Ball에서 1.09 ~ 16.30% 오차율, 직경 30 mm Metal Ball에서 1.43 ~ 19.04% 오차율, 직경 40 mm의 Metal Ball에서 1.05 ~ 18.88%의 오차율이 나타났다. Metal Ball의 크기와 관계없이 오차율은 크게 나타났으며, 아크릴 팬텀의 높이가 높아질수록 오차율의 차이는 더욱 더 크게 나타났다. 손성길 등에 의하면 Metal ball을 이용하여 Calibration을 할 때 측정하고자 하는 혈관과 근접한 거리에 Metal ball을 위치하거나 Metal ball로 인한 시술 부위에 방해가 될 우려가 있으므로 적당한 거리를 시술 부위와 동일한 높이에서 Metal ball을 위치시킬 하는 것이 오차율을 줄일 수 있는 방법이라고 제시하고 있다^[9].

Auto Calibration Mode에서 OID 변화에 대한 실

험은 아크릴 팬텀의 높이는 100mm로 고정하고 OID만 450 mm ~ 600 mm로 변화를 주었으며 오차율은 0.13 ~ 0.38%로 나타났다. 아크릴 팬텀의 OTD을 값으로 Calibration을 했을 때 OID를 변화하여도 오차율의 차이가 없음을 알 수 있었다.

본 연구를 통해 Auto Calibration Mode에서의 아크릴 팬텀의 높이를 각각 입력하여 Calibration 했을 때 실제 Copper Wire 길이와 오차율의 차이는 없었고, OID를 변화하여도 Copper Wire 길이와 오차율의 차이가 없음을 알 수 있었다. 임상에서 검사나 시술 부위에 대한 높이를 알기는 어렵다. 그러나 다양한 의료장비의 개발과 소프트웨어의 발전으로 CT(Computed Tomography), MRI(Magnetic Resonance Imaging), 초음파(Sonography) 등을 이용하여 인체 내 구조를 3차원적으로 이해하는데 도움을 줄 뿐 아니라 다양한 의료영상에서 원하는 부분의 크기를 정량적으로 측정할 수 있게 되었다^[10-12]. 환자가 CT 검사를 했다면 CT 영상을 참고로 하여 검사나 시술 부위의 높이를 측정하여 그 값을 Auto Calibration Mode에 적용할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 임상에서 검사나 시술 도중 Catheter나 Metal Ball 같은 기준이 되는 Device가 없어도 테이블과 피사체 간의 거리를 알면 Auto Calibration Mode에서 혈관의 직경이나 길이를 측정 할 수 있을 거라고 판단된다.

본 연구는 정교하게 제작한 Copper Wire로 진행되었고, Tube와 Detector를 직각으로 하여 촬영하였다. 그러나 파라미터, 영상처리 프로그램 등의 여러 변수 등을 고려하지 못한 단점을 가지고 있다.

V. CONCLUSION

소프트웨어에서 제공하는 정량적인 혈관의 치수 평가를 하기 위한 Calibration Mode로 Catheter Calibration Mode, Auto Calibration Mode 그리고 Segment Calibration Mode가 있다. 본 연구를 통해 이들 Calibration Mode 중 Auto Calibration Mode에서 높이 값을 입력하는 것이 오차율이 가장 적은 Calibration 방법임을 확인하였으며, Metal ball이나 기타 다른 물체를 이용하여 Calibration을 하기 위해서는 시술 부위와 동등한 높이에 놓고 Calibration을

하는 방법이 오차율을 가장 줄일 수 있는 방법으로
사료된다.

Reference

- [1] <http://opendata.hira.or.kr/op/opc/olapDiagBhvInfo.do>
- [2] K. Y. Kim, S. H. Hur, Y. W. Cho, "Optimal Stent Expansion by Nominal Pressure Balloon Inflation: an Intravascular Ultrasound Study", *Korean Circulation Journal*, Vol. 32, No. 8, pp. 666-673, 2002.
<http://dx.doi.org/10.4070/kcj.2002.32.8.666>
- [3] D. F. Fortin, L. A. Spero, J. T. Cusma, L. Santoro, R. Burgess, T. M. Bashore, "Pitfalls in the determination of absolute dimensions using angiographic catheters as calibration devices in quantitative angiography", *The American Journal of Cardiology*, Vol. 68, No. 11, pp. 1176-1182, 1991.
[https://doi.org/10.1016/0002-9149\(91\)90190-V](https://doi.org/10.1016/0002-9149(91)90190-V)
- [4] Y. M. Han, K. Y. Kim, B. H. Chung, H. C. Yu, K. H. Kim, H. P. Hwang, "Rupture, Breakdown, and Pulmonary Artery Embolism of a Balloon Catheter Tip during Percutaneous Transluminal Angioplasty of Arteriovenous Fistula", *Vascular specialist international*, Vol. 35, No. 4, pp. 245-250, 2019.
<http://dx.doi.org/10.5758/vsi.2019.35.4.245>
- [5] Johan H C Reiber, Shengxian Tu, Joan C Tuinburg, Gerhard Koning, Johannes P Janssen, Jouke Dijkstra, "QCA, IVUS and OCT in interventional cardiology in 2011", *Cardiovascular diagnosis and therapy*, Vol. 1, No. 1, pp. 57-70, 2011.
<http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2223-3652.2011.09.03>
- [6] Y. H. Kim, M. K. Hong, J. W. Kim, S. K. Lee, C. W. Lee, S. S. Cheong, K. J. Choi, D. H. Kang, J. K. Song, J. J. Kim, S. W. Park, S. J. Park "Comparison between Intravascular Ultrasound and Quantitative Coronary Angiographic Measurements in Coronary Artery Stenting", *Korean Circulation Journal*, Vol. 27, No. 12, pp. 1265-1271, 1997.
<http://dx.doi.org/10.4070/kcj.1997.27.12.1265>
- [7] J. B. Lee, J. B. Seo, D. H. Kim, K. S. Kim, S. B. Kim, "comparison of Accuracy according to calibration method when measuring vessel", *Journal of Korean Society of Cardio-Vascular Interventional Technology*, Vol. 10, No. 1, pp. 92-96, 2007.
- [8] J. B. Seo, J. B. Lee, D. H. Kim, K. S. Kim, S. B. Kim, "A study on the usefulness of TOD (Table Object Distance) Calibration using CT Image when measuring Vessel diameter", *Journal of Korean Society of Cardio-Vascular Interventional Technology*, Vol. 11, No. 1, pp. 205-209, 2008.
- [9] S. G. Son, S. Y. Kim, W. H. Jo, M. S. Ahn, "Analysis of error rate according to calibration metal ball position when measuring vessel diameter", *Journal of Korean Society of Cardio-Vascular Interventional Technology*, Vol. 18, No. 1, pp. 155-164, 2015.
- [10] T. J. Kim, J. M. Goo, K. W. Lee, H. J. Lee, K. G. Kim, J. G. Im, "Quantitative Analysis of Airway Walls Using CT Software", *J Korean Radiol Soc.*, Vol. 59, No. 6, pp. 395-403, 2008.
<http://dx.doi.org/10.3348/jkrs.2008.59.6.395>
- [11] Y. K. Cho, S. H. Hur, S. H. Hwang, M. J. Kim, S. H. Lee, C. W. Nam, Y. S. Lee, D. W. Hyun, S. W. Han, K. S. Kim, Y. N. Kim, K. B. Kim, "A Comparison of the Intravascular Ultrasound Findings before and after Coronary Stent Implantation in Patients with Small Vessel Disease(2.5-2.75 mm) by Quantitative Coronary Angiography", *Korean Circulation Journal*, Vol. 35, No. 2, pp. 123-130, 2005.
<http://dx.doi.org/10.4070/kcj.2005.35.2.123>
- [12] M. S. Hyon, Masahiro Terashima, Michael V. McConnell, "Evaluation of the Coronary-Size Nitinol Stent patency with Magnetic Resonance Angiography", *Journal of Soonchunhyang Medical Science*, Vol. 12, No. 2, pp. 233-240, 2006.

인터벤션에서 Calibration Mode에 대한 오차율 비교

공창기¹, 류영환^{2,*}

¹첨단종합병원 영상의학과

²동강대학교 방사선과

요 약

이 연구의 목적은 경피적 혈관내 풍선 확장술이나 스텐트 삽입술에서 Balloon이나 Stent의 직경 및 길이를 예측 할 때 사용되는 정량적인 평가 도구인 Calibration Mode중 Catheter Calibration Mode, Auto Calibration Mode 그리고 Segment Calibration Mode에서의 오차율에 대해 알아보고자 하였다. Calibration의 정량적인 평가를 위해 정교하게 제작된 직경 × 길이(2 mm × 80 mm) Copper Wire와 5, 10, 15, 30, 40 mm의 Metal Ball을 이용하여 실험하였고, 아크릴 팬텀은 25 mm, 50 mm, 75mm, 100 mm, 125 mm, 150mm, 175 mm, 200 mm로 하여 각각의 높이에서 혈관조영 촬영장치로 Subtraction 영상을 획득하여 장비 회사에서 제공하는 소프트웨어인 Stenosis Analysis Tools을 이용하여 측정하였다.

Catheter Calibration Mode에서의 오차율을 평가하기 위한 방법으로 Copper Wire를 각각의 아크릴 팬텀위에 올려놓고 촬영하였으며, Copper Wire 직경 2 mm를 Catheter의 직경으로 Setting하였고, 길이 8 mm Copper Wire의 길이를 Multi-segments로 측정하여 분석한 결과 1.13 ~ 5.63%의 오차율이 나타났다. Auto Calibration Mode에서의 오차율을 평가하기 위한 방법으로 각각의 아크릴 팬텀을 높이에서 아크릴 높이에 대한 수치를 입력하고, 8 mm Copper Wire의 길이를 Multi-segments 측정하여 분석한 결과 0 ~ 0.26%의 오차율이 나타났다. Segment Calibration Mode에서의 오차율을 평가하기 위한 방법으로 테이블 바닥에 있는 각각의 Metal Ball을 각각 Calibration하고, 각각의 아크릴 팬텀 위에 올려 있는 8 mm Copper Wire의 길이를 측정하여 아크릴 팬텀 높이 변화에 대한 8 mm Copper Wire 길이를 Mutli-segments 측정하여 분석한 결과 1.05 ~ 19.04%의 오차율이 나타났다. 그리고 Auto Calibration Mode에서 OID 변화에 대한 실험은 아크릴 팬텀의 높이는 100mm로 고정하고 OID만 450 mm ~ 600 mm로 변화를 하였을때 오차율은 0.13 ~ 0.38%로 나타났다.

결론적으로 소프트웨어에서 제공하는 정량적인 혈관의 치수평가를 하기 위한 이들 Calibration Mode 중 Auto Calibration Mode에서 높이 값을 입력하는 것이 오차율이 가장 적은 Calibration 방법임을 확인하였으며, Metal ball이나 기타 다른 물체를 이용하여 Calibration을 하기 위해서는 시술부위와 동등한 높이에 놓고 Calibration을 하는 방법이 오차율을 가장 줄일 수 있는 방법으로 사료된다.

중심단어: 카테터 칼리브레이션, 오토 칼리브레이션, 세그먼트 칼리브레이션

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	공창기	첨단종합병원	의료기사
(교신저자)	류영환	동강대학교 방사선학과	교수