

# Effects of Single Vessel PCI (Percutaneous Coronary Intervention) using DCR (Dynamic Coronary Road map) on Fluoroscopy Time and Patient Radiation

Jong-Gil Kwak<sup>1</sup>, Young-Hyun Seo<sup>2,3,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Gwangju University

<sup>2</sup>Department of Health and Medical Sciences, Dongshin University

<sup>3</sup>Department of Heart Center, Yeosu Jeil Hospital

Received: July 17, 2023. Revised: August 28, 2023. Accepted: August 31, 2023.

## ABSTRACT

Angiography equipment is used to evaluate and treat coronary artery disease. As a common feature of equipment, radiation is used, and function development for dose reduction is being carried out by each company. Therefore, the difference depending on whether DCR installed in angiography equipment is used is analyzed from a radiological point of view to prove the effect. Among 431 patients who underwent coronary artery intervention from March 2021 to February 2023, 250 patients with retrospective data were selected. And then among the 250 subjects obtained, 91 patients used the cardiovascular roadmap function during single-vessel intervention, and 159 patients did not use the roadmap. When DCR was used, total dose area product (34.57 uGy/m<sup>2</sup> : 69.15 uGy/m<sup>2</sup>), total air kerma dose (688.47 mGy : 1640.4 mGy), fluoroscopy dose (23.87 uGy/m<sup>2</sup> : 49.91 uGy/m<sup>2</sup>) and fluoroscopy time (723.55 s : 366.03 s), total number of images (17 : 26) showed lower values and were statistically significant than those not used. The use of DCR function in single vessel coronary intervention is thought to be radiologically safer as single vessel coronary intervention using dynamic cardiovascular DCR showed lower perspective time and perspective dose than procedures performed without the DCR.

Keywords: Dynamic coronary road map, Road map, Single vessel coronary intervention

## I. INTRODUCTION

심근경색과 같이 급사<sup>[1]</sup>를 유발할 수 있는 경우와 답답함, 흉통 등으로 일상생활에 지장이 발생할 정도의 관상동맥 질환<sup>[2]</sup>을 진단하고 치료하기 위해서는 필수로 관상동맥 조영술(Coronary Angiography, CAG)을 시행하게 된다. 관상동맥 조영술 후 병변이 관찰된 환자는 증상 및 정도에 따라 혈류 압력 측정, 혈관 내 초음파, 광 간섭 단층촬영, 혈관 정량 측정 프로그램 등의 보조 장비를 이용하여 평가<sup>[3]</sup> 후 치료 여부를 결정하게 된다. 치료 시 관상동맥 중재술(Percutaneous Coronary Intervention, PCI)을

시행하게 되고 혈관조영장비를 메인으로 사용한다. 혈관조영장비의 경우 지멘스, 필립스, GE 헬스 케어 등 다양한 회사가 있으며 X-ray를 사용하는 공통된 특징을 가지고 있다. 특히 각 회사마다 방사선 피폭 문제를 줄이기 위해 다양한 프로그램과 신기술들이 개발되고 있으나 동적 관상동맥 로드맵(Dynamic Coronary Roadmap, DCR) 기능은 특허로 인해 2019년부터 특정 회사에서만 보급되고 있다. 일반적으로 사용하는 로드맵의 경우 관찰하고자 하는 장기의 혈관이 혈관조영장비 모니터에 멈춰 있어야 적용되는 방식과 달리 동적 관상동맥 로드맵 기능은 계속해서 움직이는 즉, 수축과 이완을

\* Corresponding Author: Young-Hyun Seo E-mail: tjdudgus00@naver.com Tel: +82-61-689-8523  
Address: Dept. of Heart Center, Yeosu Jeil Hospital, 70 ssang bong lo, Yeosu, Jeonlanamdo, Korea.

끊임없이 진행하고 있는 심장 혈관에 적용시키기 위해 새롭게 개발된 로드맵 기법이다. 동적 관상동맥 로드맵 기능은 2016년부터 자체 개발 보고 후 2017년부터 개발 논문들이 보고되고 있고<sup>[4]</sup> 실제 사용 후 평가는 2019년부터 진행되고 있다<sup>[5]</sup>. 최근 까지도 해외연구에서 방사선학적 분석과 중재시술에서의 분석 등을 활발히 다루고 있다<sup>[6,7]</sup>. 특히 해외에서는 관상동맥 로드맵을 이용한 조영제 사용량 등에 대한 평가도 지속적으로 연구되고 있다<sup>[8,9]</sup>. 다만 국내에서는 개발된 장비가 아직 많이 도입되지 않아 유사 연구가 활발히 진행되고 있지 않은 실정이다. 그럼에도 불구하고 관상동맥 중재술 시 방사선 피폭에 의한 합병증 위험 인자는 환자와 시술자에게 매우 높은 것으로 보고되고 있어<sup>[10,11]</sup> 특별한 관리와 주의가 요구되는 시술이므로 피폭 저감화를 위한 방법에 대한 연구는 국내에서도 지속적으로 진행되어야 한다.

따라서 혈관조영장비에 탑재되어 있는 동적 관상동맥 로드맵 기능을 이용한 단일 혈관 중재 시술 시 동적 관상동맥 로드맵 기능을 사용하지 않고 진행한 시술과의 투시 시간 절감 효과에 따른 선량 관계를 평가하여 심혈관 로드맵 사용으로 인한 피폭 절감 효과를 평가하고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 대상 및 사용 장비

2021년 03월부터 2023년 02월까지 관상동맥 중재술을 시행한 431명 중 후향적 데이터가 확보된 250명을 대상으로 진행하였다. 확보한 250명의 대상 중 단일 혈관 중재술 시 심혈관 로드맵 기능을 이용한 환자는 91명이었고, 로드맵을 이용하지 않고 시술한 환자는 159명이었다. 특히 시술 시행 여부가 심근경색 환자 및 시술 후 스텐트 재협착 환자, 약물 방출 풍선 시술만 진행한 환자, 2개 이상의 스텐트를 삽입한 환자 등 특별한 이벤트가 있었던 환자들을 제외하였고 오직 한 혈관에 한 스텐트만 삽입하여 특별한 이벤트 없이 끝난 환자를 대상으로 선정하였으며 모두 혈관 내 초음파를 사용하였다. 따라서 실제 평가한 환자군은 심혈관 로드맵

을 이용한 환자 91명 중 42명, 로드맵을 이용하지 않은 환자 159명 중 31명, 총 73명을 대상으로 하였으며 대상 선정 흐름은 Table 1과 같다.

Table 1. Cohort flow for material and characteristics

Cohort flow	
Total data (n=431)	Patient of PCI (percutaneous coronary intervention)
	Patient of MI (Myocardial infarction)
Excluded data (n=358)	Inserted 2 stent (multivessel PCI)
	Patient with FFR (fractional flow reserve)
	Patient with DEB (drug eluting balloon)
	Emergency (no reflow, slow flow)
	ISR (in-stent restenosis)
Used data (n=73)	PCI using road map (n=42)
	PCI without road map (n=31)
Acquired data	Total dose area product
	Fluoroscopy dose
	Series count
	Total air kerma
	Fluoroscopy time

연구 대상의 특성으로는 평균 나이  $66.92 \pm 10$ 세, 키  $161.6 \pm 8.7$  cm, 몸무게  $66.16 \pm 12.29$  kg, 체질량 지수  $25.23 \pm 3.81$  kg/m<sup>2</sup>였으며 Table 2와 같다.

Table 2. Characteristics for patients

	ET (n=73)
Age	$66.92 \pm 10$
Height (cm)	$161.6 \pm 8.7$
Weight (kg)	$66.16 \pm 12.29$
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	$25.23 \pm 3.81$

ET: Ergonovine test, BMI: Body Mass Index

동적 심혈관 로드맵을 이용하지 않고 관상동맥 중재술을 시행한 장비는 INNOVA IGS 630 (GE Healthcare, Illinois, Chicago, USA)이었으며 심혈관 로드맵을 이용한 장비는 필립스 혈관 조영 장비 Azurion 7M 20 (Philips Healthcare, Amsterdam, Netherlands)이었다. 두 장비 모두 투시 조영과 영화 촬영은(Cine) 초당 15 프레임(f/sec)으로 설정하였고, Tube에서 Isocenter까지의 거리는 15 cm이었다. 중심 관전압과 관전류는 혈관조영장비에 탑재되어 있는 자동 선량 조절 기능(AEC, Automatic exposure control)에 의해 조절되었고 Table 3과 같다.

Table 3. Condition set up value of x-ray tube for PCI

	DCR-PCI (N=42)	Non DCR-PCI (N=31)
Fluoroscopy (f/s)	15	15
Cine (f/s)	15	15
Isocenter (cm)	15	15
AEC	O	O
DCR	X	O

PCI: Percutaneous coronary intervention, AEC: Automatic exposure control, DCR: Dynamic road map

## 2. 통계 분석 방법

자료 분석은 SPSS Window Version 21 (SPSS INC, Chicago, IL, USA)을 이용하였고 연속형 변수는 평균값 ± 표준편차로, 범주형 변수는 빈도 및 백분율(%)로 기술하였다. 중심극한정리에 의해 모수적 방법의 t-test와 상관관계 분석을 진행하였다.

## III. RESULT

### 1. 동적 심혈관 로드맵 사용 유무에 따른 선량 평가

심혈관 로드맵 기능을 사용하여 관상동맥 중재술을 시행한 경우의 총 흡수선량은  $34.57 \pm 19.97$  uGy/m<sup>2</sup>, 총 공기 중 선량 값은  $688.47 \pm 424.37$  mGy, 투시 조영 선량은  $23.87 \pm 15.89$  uGy/m<sup>2</sup>, 투시 조영 시간은  $723.55 \pm 366.03$  s, 촬영된 총 시리즈 수는  $17.9 \pm 7$  장으로, 로드맵 기능을 사용하지 않고 관상동맥 중재술을 시행한 경우의 총 흡수선량  $69.15 \pm 29.42$  uGy/m<sup>2</sup>, 총 공기 중 선량  $1640.4 \pm 678.12$  mGy, 투시 조영 선량  $49.91 \pm 71.03$  uGy/m<sup>2</sup>, 투시 조영 시간  $997 \pm 347.8$  s, 촬영된 총 시리즈 수  $26.19 \pm 6$  장보다 총 흡수선량은  $34.58 \pm 9.45$  uGy/m<sup>2</sup> ( $p < 0.001$ ), 총 공기 중 선량 값은  $951.93 \pm 253.75$  mGy ( $p < 0.001$ ), 투시 조영 선량은  $26.04 \pm 55.14$  uGy/m<sup>2</sup> ( $p < 0.05$ ,  $p = 0.024$ ), 투시 조영 시간은  $723.45 \pm 18.234$  s ( $p < 0.05$ ,  $p = 0.002$ ), 촬영된 총 시리즈 수는  $8.29 \pm 1$  ( $p < 0.001$ ) 장으로 통계적으로 유의할 만큼 낮게 나타났으며 Table 4와 같다.

### 2. 투시 시간의 변화에 따른 변수들의 상관관계 분석 결과

체질량 지수와 같은 환자 기본 특성을 제외한 투

시 시간의 변화에 따른 전체 변수들의 상관관계 분석에서 투시 조영 시간과 총 흡수선량, 총 공기 중 선량은  $p < 0.001$ 로 통계적으로 유의할 만큼의 상관관계를 보였으나 투시 조영에 사용된 선량과는  $p = 1.04$ 로 통계적으로 유의하지 않는 상관관계를 보였으며 Table 5, Fig. 1과 같다.

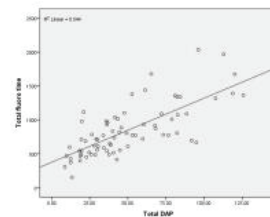
Table 4. Comparative analysis of radiological factor according to dynamic coronary road map (DCR)

	DCR-PCI (n=42)	Non DCR-PCI (n=31)	p
Total DAP (uGy/m <sup>2</sup> )	$34.57 \pm 19.97$	$69.15 \pm 29.42$	<0.001
Total air kerma (mGy)	$688.47 \pm 424.37$	$1640.4 \pm 678.12$	<0.001
Fluoroscopy DAP (uGy/m <sup>2</sup> )	$23.87 \pm 15.89$	$49.91 \pm 71.03$	<0.05
Fluoroscopy time (s)	$723.55 \pm 366.03$	$997 \pm 347.8$	<0.05
Seriee (seriee of view)	$17.9 \pm 7$	$26.19 \pm 6$	<0.001

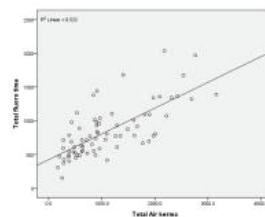
DAP: Dose area product

Table 5. Results for correlations analysis of total DAP and total air kerma and fluoroscopy DAP according to fluoroscopy time

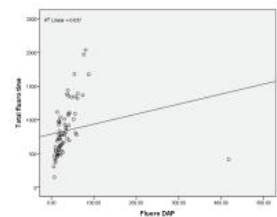
	Fluoroscopy time (s)			
	Mean	Std Deviation	R <sup>2</sup>	p
Total DAP (uGy/m <sup>2</sup> )	49.256	29.732	0.544	<0.001
Total air kerma (mGy)	1092.721	720.16	0.522	<0.001
Fluoroscopy DAP (uGy/m <sup>2</sup> )	34.936	49.136	0.037	1.04



(A) Total DAP



(B) Total Air kerma



(C) Fluoroscopy DAP

Fig. 1. Correlations analysis for total fluoroscopy time.

#### IV. DISCUSSION

인터벤션 부서에서 주로 사용하는 일반적인 로드맵(Road mapping) 기능과 디지털감산혈관조영술(Digital subtraction angiography, DSA) 기능의 경우 환자의 움직임과 장기의 움직임 발생 시 관찰 부위에 대한 기능 저하가 발생되기 쉽다. 특히 한 번 틀어질 경우 로드맵 기능 등을 다시 적용하여 사용해야 할 정도로 움직임에 민감한 기능이다. 선행연구에서는 두 기능에 대한 방사선학적 관점에서의 평가가 지속적으로 이루어져 왔고<sup>[12]</sup> 로드맵 중에서도 Vascular 로드맵과 Blended 로드맵 등 장비별, 회사별 기능들에 대한 비교 연구도 다수 존재한다<sup>[13]</sup>. 그러나 본 연구에서 사용한 심혈관 로드맵의 경우 현존하는 로드맵 중 움직임에 영향을 받지 않는, 즉 움직이는 장기에 특화된 로드맵 기능으로서 평균 1분에 약 60회 수축과 이완을 반복하는 심장에 적용시킬 수 있는 기능으로 다른 로드맵 분석 연구와의 차이점을 나타낸다<sup>[4,7]</sup>. 로드맵 기능의 사용으로 방사선 피폭 저감화가 입증된 선행 연구들은<sup>[7,12,13]</sup> 다수 존재하나 심장에 적용된 로드맵 기능 평가의 경우 국내에서는 본 연구진들이 초기 연구일 것으로 생각된다. 초기 연구의 경우 마주할 수 있는 제한점으로 국외 연구만을 참고 문헌으로 사용할 수밖에 없다는 점이다. 동양인과 서양인들의 체격 차이 등에 기인한 본질적 차이<sup>[9]</sup> 등에서 오류를 범할 수 있기 때문에 이를 극복하기 위해 선행 연구들을 집중적으로 살펴보며 연구 대상 선정을 진행해 제한점을 극복하였다. 분석한 해외 연구 중 대부분 심혈관 로드맵 이용 시 선량 저감화를 입증한 연구들<sup>[7,12,13]</sup>이 많았으나 Kerstin Piayda 외<sup>[9]</sup>의 연구에서는 방사선 투시 시간 등의 차이는 유의미하지 않고 조영제 부작용에 대한 효과만 입증되었다고 보고되고 있다. 그러나 본 연구결과에서는 선량 및 투시 시간 등에 관한 차이가 심혈관 로드맵 사용 군과 사용하지 않은 군에 대해 통계적으로 유의미한 차이를 나타낸 것으로 나타났다. 다른 점을 살펴보면, 대상 선정에 있어 병변의 형태와 기술 난이도, 사용한 보조 장비 등에 대한 대상 및 변수 통제 차이로 인해 나타난 결과라 생각된다. 다음으로 본 연구에서 발견한 특이 결과로, 투시 시간이

변화하는 만큼 총 선량 값과 공기 중 선량 값에 대한 상관관계는 유의미한 차이를 나타냈으나, 사용된 투시 선량과는 통계적으로 유의미한 상관관계를 나타내지 않았다. 이는 투시 시간과 투시 선량의 비 상관관계 입증으로 로드맵 기능이 잘 적용되고 있는 경우라 설명할 수 있다. 실제로 심혈관 로드맵을 이용하더라도 시술을 위해 불가피한 투시 사용과 씨네 사용 경우가 존재하여 총 선량 값 등은 변화가 있을 수 있으나 로드맵 기능은 투시에 관련된 부분을 제어하기 위해 개발된 기능이기 때문으로 생각해볼 수 있을 것으로 사료된다.

마지막으로 조영제 사용량 등과 선량 문제는 방사선학적으로 매우 중요한 연구이다. 따라서 새롭게 개발된 기능과 장비에 관한 연구를 통해 피폭 선량 저감화를 위한 노력은 끊임없이 지속되어야 할 것으로 생각된다.

#### V. CONCLUSIONS

동적 심혈관 로드맵을 사용한 단일 혈관 관상동맥 중재술이 로드맵을 사용하지 않고 진행한 시술보다 더 적은 투시 시간 및 투시 선량 등을 나타냈다. 따라서 단일 혈관 관상동맥 중재술에서는 심혈관 로드맵 기능사용이 시술자와 환자 모두에게 피폭 저감화 효과를 나타낼 수 있으므로 심혈관 로드맵 사용에 대해 적극적으로 권장할 수 있을 것으로 사료된다.

#### Reference

- [1] O. J. Park, C. J. Kim, H. Y. Lee, H. O. Lee, "A Survey on the Delay Time Before Seeking Treatment and Clinical Symptoms in Patients with Acute Myocardial Infarction", *Journal of Korean Academy of Nursing*, Vol. 30, No. 3, pp. 659-669, 2000. <http://dx.doi.org/10.4040/jkan.2000.30.3.659>
- [2] I. Suh, "Coronary Heart Disease: Epidemiology in Korea", *Journal of Korean Medical Association*, Vol. 45, No. 7, pp. 851-859, 2002.
- [3] G. v. Soest, L. Marcu, B. E. Bouma, E. Regar, "Intravascular imaging for characterization of coronary atherosclerosis", *Current Opinion in Biomedical Engineering*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-12,

2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cobme.2017.07.001>
- [4] A. K. Rajappan, "Pilot Study of Dynamic Coronary Roadmap During Coronary Angioplasty", *Journal of the American College of Cardiology*, Vol. 69, No. 11, 2017. [http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097\(17\)34468-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097(17)34468-6)
- [5] T. Yabe, T. Muramatsu, R. Tsukahara, M. Nakano, H. Takimura, M. Kawano, T. Hada, T. Ikeda, "The impact of percutaneous coronary intervention using the novel dynamic coronary roadmap system", *Journal of Heart Vessels*, Vol. 35, pp. 323-330, 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s00380-019-01502-1>
- [6] K. Piayda, R. Phinicarides, S. Afzal, V. Veulemans, C. Jung, F. Bönner, M. Kelm, K. Hellhammer, A. Polzin, T. Zeus, "Dynamic Coronary Roadmap in Percutaneous Coronary Intervention: Results From an Open-Label, Randomized Trial", *Journal of ACC: Cardiology Interventions*, Vol. 14, No. 22, pp. 2523-2529, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcin.2021.08.068>
- [7] K. Piayda, L. Kleinebrecht, S. Afzal, R. Bullens, I. ter Horst, A. Polzin, V. Veulemans, L. Dannenberg, A. C. Wimmer, C. Jung, F. Bönner, M. Kelm, K. Hellhammer, T. Zeus, "Dynamic coronary roadmapping during percutaneous coronary intervention: a feasibility study", *European Journal of Medical Research*, Vol. 23, No. 36, pp.1-7, 2018. <http://dx.doi.org/10.1186/s40001-018-0333-x>
- [8] K. Piayda, R. Phinicarides, S. Afzal, V. Veulemans, C. Jung, K. Hellhammer, A. Polzin, T. Zeus, "TCT-365 Dynamic Coronary Roadmap for Percutaneous Coronary Intervention Effectively Reduces Contrast Medium Exposure: Insights From an Open-Label, Randomized Trial", *Journal of the American College of Cardiology*, Vol. 78, No. 19, pp. 150, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2021.09.1218>
- [9] H. Ma, I. Smal, J. Daemen, T. v. Walsum, "Dynamic coronary roadmapping via catheter tip tracking in X-ray fluoroscopy with deep learning based Bayesian filtering", *Medical Image Analysis*, Vol. 61, pp. 101634, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.media.2020.101634>
- [10] ICRP Publication, "Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures", Hanyang University, Series 85, pp. 1-72, 2000.
- [11] C. Cousins, D. L. Miller, G. Bernardi, M. M. Rehani, P. Schofield, E. Vano, A. J. Einstein, B. Geiger, P. Heintz, R. Padovani, K. H. Sim, "Radiological Protection in Cardiology", ICRP Publication 120, No. 26, pp. 1-152, 2016.
- [12] S. H. Cho, N. S. Seong, J. Y. Suh, W. H. Cho, N. S. Cho, "A study on the difference in exposure dose between DSA and Roadmap and the use of Roadmap", *The Korean Society of Cardio-Vascular Interventional Technology*, Vol, 16, No. 1, pp. 277-283, 2013.
- [13] J. M. Kim, Y. J. Cho, D. W. Yun, J. P. Choi, "A study on the dose comparison according to the use of vascular roadmap and blended roadmap during TACE procedure", *The Korean Society of Cardio-Vascular Interventional Technology*, Vol, 16, No. 1, pp. 210-215, 2013.

## 동적 심혈관 로드맵을 이용한 중재적 시술이 투시 시간 및 환자 피폭에 미치는 영향

곽종길<sup>1</sup>, 서영현<sup>2,3,\*</sup>

<sup>1</sup>광주보건대학교 방사선학과

<sup>2</sup>동신대학교 보건의료학과

<sup>3</sup>여수제일병원 심장센터

### 요 약

관상동맥 질환을 평가하고 치료하기 위해 사용하는 혈관조영장비는 방사선을 사용한다는 공통점이 존재하여 회사별 선량 저감화를 위한 기능 개발 등이 지속적으로 이루어지고 있다. 따라서 단일 혈관 중재술 중 혈관조영장비에 탑재되어 있는 동적 관상동맥 로드맵 기능 유무의 차이에 따른 방사선학적 관계를 평가하여 로드맵을 이용한 피폭 절감 효과를 입증하고자 한다. 2021년 03월부터 2023년 02월까지 관상동맥 중재술을 시행한 431명 중 후향적 데이터가 확보된 250명을 대상으로 진행하였다. 확보한 250명의 대상 중 단일 혈관 중재술 시 심혈관 로드맵 기능을 이용한 환자는 91명이었고, 로드맵을 이용하지 않고 시술한 환자는 159명이었다. 동적 심혈관 로드맵 기능을 이용한 군이 이용하지 않은 군보다 총 흡수선량 ( $34.57 \text{ uGy/m}^2 : 69.15 \text{ uGy/m}^2$ ), 총 공기 중 선량 ( $688.47 \text{ mGy} : 1640.4 \text{ mGy}$ ), 투시 조영 선량 ( $23.87 \text{ uGy/m}^2 : 49.91 \text{ uGy/m}^2$ ), 투시 조영 시간 ( $723.55 \text{ s} : 366.03 \text{ s}$ ), 촬영된 총 시리즈 수 ( $17 : 26$ )에서 더 낮은 값들을 나타냈으며 통계적으로 유의했다. 동적 심혈관 로드맵을 사용한 단일 혈관 관상동맥 중재술이 로드맵을 사용하지 않고 진행한 시술보다 더 적은 투시 시간 및 투시 선량 등을 나타냈다. 따라서 단일 혈관 관상동맥 중재술에서는 심혈관 로드맵 기능사용이 시술자와 환자 모두에게 피폭 저감화 효과를 나타낼 수 있으므로 심혈관 로드맵 사용에 대해 적극적으로 권장할 수 있을 것으로 사료된다.

중심단어: 동적 심혈관 로드맵, 로드맵, 단일 혈관 중재시술

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	곽종길	광주보건대학교 방사선학과	조교수
(교신저자)	서영현	동신대학교 보건의료학과 여수제일병원 심장센터	외래교수 7급 의료기사