

Utilidad de la angiografía rotacional de doble eje frente a la convencional en la práctica clínica

Autores

Leonor Ortega Fernández¹, María Jesús Basanta Castro², Clara Jiménez Serrano², Susana Miranda Castaño², Raúl Franco Gutiérrez³.

1 Diplomada universitaria de Enfermería. Enfermera en la Unidad de Hemodinámica e Imagen del Servicio de Cardiología, Hospital Universitario Lucus Augusti.

2 Diplomada universitaria de Enfermería. Enfermera en la Unidad de Hemodinámica del Servicio de Cardiología, Hospital Universitario Lucus Augusti.

3 Facultativo Especialista de Área de Cardiología, Servicio de cardiología Hospital Universitario Lucus Augusti. Doctor en Ciencias de la Salud por la Universidad da Coruña.

Dirección para correspondencia

Leonor Ortega Fernández
Servicio de Cardiología
Hospital Universitario Lucus Augusti
Avenida Doctor Ulises Romero, 1
27003 Lugo

Correo electrónico:

leonor.ortega.fernandez@sergas.es

Resumen

Introducción y objetivo. La coronariografía es la técnica de elección para el estudio de la enfermedad coronaria, sin embargo, es necesario encontrar métodos que reduzcan la cantidad de contraste y radiación administrada en la angiografía convencional. La angiografía rotacional de doble eje permite la visualización desde diferentes ángulos de cada coronaria con una única inyección de contraste frente a las 5 de la técnica convencional. El objetivo de este estudio es comparar la técnica rotacional frente a la convencional analizando cantidad de contraste administrado, dosis de radiación, duración del procedimiento y estancia hospitalaria.

Material y métodos. Estudio observacional, analítico, longitudinal y retrospectivo de una cohorte de 145 pacientes consecutivos sometidos a coronariografía diagnóstica entre el 01/01/2015 y el 30/03/2016 en nuestro centro.

Resultados. 42 (29,0%) sujetos fueron sometidos a angiografía rotacional de doble eje. Se objetivaron diferencias estadísticamente significativas en el volumen de contraste administrado ($p < 0,01$) y duración del procedimiento ($p = 0,014$) a favor de la angiografía rotacional. No hubo diferencias significativas en cuanto a la dosis de radiación administrada ni en la estancia media. En el subgrupo de sujetos con menos de 3 proyecciones adicionales se encontraron diferencias en todos los parámetros excepto en la estancia media.

Conclusiones. La angiografía rotacional de doble eje permite una reducción significativa de la dosis de contraste y del tiempo de procedimiento respecto a la angiografía convencional. En el subgrupo de sujetos con menos de 3 proyecciones también se encontró reducción de la dosis de radiación.

Palabras clave: angiografía coronaria, enfermedad coronaria, medios de contraste, dosis de radiación.

Usefulness of Dual-Axis Rotational Angiography versus Conventional Angiography in Clinical Practice

Abstract

Introduction and objective. Coronary angiography is the gold standard technique for studying coronary artery disease; however, it is necessary to find methods that reduce the amount of contrast and radiation administered in conventional angiography. Dual-axis rotational angiography allows the visualization from different angles of each coronary artery with a single injection of contrast, versus the five injections needed in the conventional technique. The aim of this study is to compare the rotational technique with the conventional one by analyzing the amount of contrast administered, the radiation dosage, the duration of the procedure and the hospital stay.

Material and methods. Observational, analytical, longitudinal and retrospective study of a cohort of 145 consecutive patients undergoing diagnostic coronary angiography between 01/01/2015 and 30/03/2016 at our centre.

Results. 42 (29.0%) subjects underwent dual-axis rotational angiography. Statistically significant differences were objectified in the volume of contrast administered ($p < 0.01$) and the duration of the procedure ($p = 0.014$) in favour of rotational angiography. There were no significant differences either in the dosage of radiation administered or in the average stay. In the subgroup of subjects with less than 3 additional projections, differences were found in all parameters, with the exception of the average stay.

Conclusions. Dual-axis rotational angiography allows to reduce significantly the dosage of contrast and the duration of the procedure with respect to conventional angiography. In the subgroup of subjects with less than 3 projections, a reduction of the dosage of radiation was also found.

Keywords: coronary angiography, coronary artery disease, contrast media, radiation dosage.

Enferm Cardiol. 2020; 27 (80): 56-61.

INTRODUCCIÓN

La coronariografía continúa siendo el método *gold standard* para la valoración de la enfermedad coronaria obstructiva¹⁻³. Debido a la naturaleza tridimensional de las arterias coronarias es necesario la realización de varias proyecciones ortogonales para una correcta caracterización de las mismas, lo que conlleva un aumento de la cantidad de contraste y radiación administrada conforme aumentan el número de proyecciones⁴. Además, existen artículos que cuestionan la idoneidad de la angiografía convencional (AC) en lesiones coronarias excéntricas o complejas^{5,6}.

Existen varios estudios que demuestran la relación directa entre el tipo y el volumen de contraste administrado y el desarrollo de nefropatía^{7,8}, recomendándose minimizar el volumen del mismo en procedimientos diagnósticos y terapéuticos [indicación clase I, nivel de evidencia B]⁹. Por otro lado, la exposición a radiaciones ionizantes se asocia con efectos nocivos deterministas y aumenta la probabilidad de presentar efectos nocivos estocásticos, por lo que es necesario reducir la exposición a la radiación tanto al paciente como al operador^{10,11}.

En la búsqueda de métodos diagnósticos y terapéuticos más precisos y seguros, surgió la angiografía rotacional simple¹². Esta técnica consiste en la obtención de imágenes angiográficas mediante un movimiento de rotación sobre un eje del arco de fluoroscopia, reduciendo el número de inyecciones necesarias para la evaluación coronaria con disminución significativa del volumen de contraste y radiación empleada¹³⁻¹⁵ sin pérdida de precisión diagnóstica¹⁵. Debido a que el arco rota sobre un eje simple, se precisan 2 proyecciones para la valoración de la coronaria izquierda y una para la derecha¹⁶. Además, en ocasiones es preciso la realización de proyecciones adicionales como la proyección craneal para la evaluación de la arteria descendente anterior o la bifurcación del tronco común izquierdo¹⁷, debido a que las rotaciones de un solo eje están limitadas para cubrir todas las vistas anatómicas. La angiografía coronaria rotacional de doble eje (Xperswing®) (ARD) combina el desplazamiento del arco sobre los ejes izquierda-derecha y cráneo-caudal con una inyección de contraste sincronizada. De este modo, se consigue la caracterización anatómica de las arterias coronarias, tanto con las proyecciones habituales de la AC como con todas las proyecciones intermedias, realizando una valoración anatómica

más completa con una única administración de contraste para cada una¹⁸. Al igual que en la angiografía rotacional simple, los ensayos aleatorizados publicados hasta la fecha, han demostrado la seguridad de la ARD respecto a la AC^{17,19-26} mejorando la visualización de las lesiones coronarias²⁷ y con buena correlación con ecografía intravascular²⁸. No obstante, los estudios realizados se han llevado a cabo con pocos pacientes^{17,19-28}, no centrados en la práctica clínica diaria^{20,24} y con un único trabajo en nuestro país²⁰. Los metaanálisis publicados, a pesar de sus resultados positivos tanto para sujetos sometidos a coronariografía diagnóstica¹⁶ como para procedimientos terapéuticos²⁹, incluyen estudios realizados con ARD y simple con importantes limitaciones en cuanto a la heterogeneidad entre los mismos.

En este contexto, surge la necesidad de valorar la utilidad de la ARD comparada con AC en la práctica clínica diaria bajo la hipótesis de que el uso de la misma reduce la administración de contraste, la dosis de radiación, el tiempo de procedimiento y la estancia hospitalaria.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Diseño y ámbito del estudio

Estudio observacional, analítico, longitudinal, retrospectivo hacia adelante y unicéntrico de una cohorte de pacientes sometidos a coronariografía diagnóstica en nuestro hospital durante un periodo comprendido entre el 01/01/2015 y el 30/03/2016.

Se incluyeron en el estudio los sujetos sometidos a coronariografía diagnóstica. Se excluyeron los sujetos menores de 18 años, pacientes con antecedentes de revascularización quirúrgica previa, pacientes con procedimientos previos remitidos para angioplastia, aquellos que precisaban inyección de contraste para procedimientos adicionales (valoración de eje aorto-iliaco, ventriculografía, aortografía, valoración de arterias renales, angioplastia transluminal percutánea...), pacientes en programa de diálisis y pacientes incapaces de dar su consentimiento informado para la realización de la prueba diagnóstica.

2. Trabajo de campo y recogida de datos

La selección de pacientes para determinar la modalidad de estudio angiográfico fue a criterio del facultativo responsable de la sala en ese momento. El número de proyecciones realizadas

se dejó a criterio del operador siendo las necesarias para caracterizar adecuadamente la lesión en caso de enfermedad. La cantidad de contraste utilizado en la AC en cada inyección fue de 8 ml a una velocidad de 4 ml/s para la coronaria izquierda y 5 ml a 3 ml/s para la coronaria derecha, mientras que la cantidad empleada en la ARD fue de 15 ml a 2,5 ml/s para la coronaria izquierda y 10 ml a 2 ml/s en la coronaria derecha. Todas las coronariografías se realizaron con el sistema de rayos X avanzado para intervenciones cardíacas Allura Xper FD 20® (Philips Medical Systems BV, Holanda). El contraste utilizado fue Ultravist® (Bayer Hispania S.L., España).

Se estableció un grupo de trabajo para revisión de historia clínica electrónica de los sujetos incluidos en el estudio y se elaboró un formulario de recogida de datos y una base de datos que incluyó: características basales (edad expresada en años, peso expresado en Kg, talla expresado en cm, superficie corporal en m², índice de masa corporal en Kg/m², factores de riesgo cardiovascular, motivo de la realización del estudio, cifras pre cateterismo de creatinina en mg/dL, aclaramiento de creatinina calculado mediante fórmula de Cockcroft y Gault y expresado en mL/min/1,73 m² y realización de nefroprotección); datos del procedimiento (fecha de realización del cateterismo, tipo de angiografía realizada definida como convencional o rotacional, número de proyecciones adicionales en el caso de ARD, presencia de enfermedad coronaria, duración del procedimiento, duración de escopia en min, energía cinética liberada por unidad de masa (Kerma) medida en mGy, producto dosis-área (PDA) medida en mGy cm², dosis efectiva cuantificada en mSv, vía de acceso codificada como radial o femoral y cantidad de contraste administrado en mL) y días de estancia hospitalaria como variable de seguimiento.

3. Aspectos éticos

El desarrollo del estudio se realizó respetando las Normas de Buena Práctica Clínica, los principios éticos fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki y el Convenio sobre Derechos Humanos y Biomedicina, así como los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación vigente en el momento del estudio. Se solicitó autorización del Comité Regional Autonómico de Ética de la Investigación.

4. Análisis estadístico

Inicialmente se realizó un análisis descriptivo de las variables. Las variables categóricas se expresaron mediante frecuencia y porcentaje, mientras que las variables continuas se expresaron como media \pm desviación estándar o mediana [rango intercuantílico] en caso de no ajustarse a la normalidad. Para contrastar su ajuste a la normalidad se utilizó el test de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefords.

Para realización de comparaciones entre variables cuantitativas continuas (dependientes) y variables categóricas (independientes) se utilizó la t de Student para muestras independientes en caso de seguir una distribución normal y la U de Mann-Whitney en caso de no seguirla, mientras que para la comparación de variables categóricas se realizó mediante el test de ji-cuadrado o la prueba exacta de Fisher en caso de no cumplir criterios de utilización de ji-cuadrado. Las diferencias entre AC y

ARD se expresaron como media e intervalo de confianza (IC) al 95% en caso de que las variables sigan una distribución normal.

Todos los cálculos se realizarán con los paquetes estadísticos SPSS 19.0 y R 3.2.2.

RESULTADOS

Se incluyeron 145 pacientes en el estudio. La edad media de los sujetos fue 70,7 \pm 12,0 años y 78 (53,8%) eran varones. Respecto a los factores de riesgo cardiovascular el índice de masa corporal medio fue de 29,5 \pm 5,0 Kg/m², 88 (60,7%) de los sujetos eran hipertensos, 61 (42,1%) dislipémicos, 39 (26,9%) diabéticos y 28 (19,3%) eran fumadores activos. La creatinina basal fue de 1,0 \pm 0,4 mg/dL con un aclaramiento medio de creatinina calculado de 71,7 \pm 28,7 ml/min/1,73 m². Se objetivó insuficiencia renal crónica significativa (aclaramiento de creatinina < 60 ml/min/1,73 m²) en 53 sujetos (36,6%) y 40 pacientes (27,6%) recibieron nefroprotección. El motivo de la realización de coronariografía fue el estudio prequirúrgico de valvulopatías en 90 individuos (62,1%) y estudio de miocardiopatía en 55 (37,9%) y la vía de acceso fue radial en la práctica totalidad de los pacientes de ambos grupos (97,2%). En 42 de los 145 sujetos (29,0%) la técnica de elección fue la ARD. Se encontró enfermedad coronaria significativa (definida como estenosis coronaria mayor o igual al 70% por método visual) en 48 pacientes (33,1%). No se objetivaron diferencias estadísticamente significativas en las características basales entre los 2 grupos.

Se objetivaron diferencias estadísticamente significativas en la duración del procedimiento, siendo menor en la ARD con una diferencia media de 2,3 minutos [IC 95% 0,5 - 4,2; p = 0,014]. También se encontraron valores menores de Kerma, PDA y dosis efectiva en los sujetos sometidos a ARD, no obstante, no se alcanzó significación estadística.

La cantidad de contraste administrado fue menor en el grupo sometido a ARD con una diferencia media de 22,7 mL [IC 95% 14,6 - 30,8; p < 0,001].

Finalmente, no se objetivaron diferencias estadísticamente significativas respecto a la estancia hospitalaria entre las dos modalidades de coronariografía.

La **tabla 1** resume la comparación entre las distintas variables resultado de la AC frente a la ARD.

De los 42 individuos sometidos a ARD 30 de ellos (68,9%) precisaron de proyecciones adicionales para una caracterización coronaria adecuada, de estos 30 pacientes, 11 (36,7%) necesitaron una sola proyección, 11 (36,7%) dos y 8 (26,6%) precisaron más de dos proyecciones adicionales. En los 16 sujetos con enfermedad coronaria significativa se realizaron proyecciones adicionales frente a 14 (53,8%) de los 26 pacientes sin enfermedad significativa (p < 0,001).

Al analizar el subgrupo de pacientes con 0, 1 ó 2 proyecciones adicionales se encontraron diferencias estadísticamente significativas a favor de la ARD en cuanto a la duración del procedimiento con una menor duración media de 3,4 minutos [IC al 95% 0,7 - 6,1; p = 0,001], volumen de contraste con una media de 28,4 mL menos [IC 95% 19,5 - 37,2; p < 0,001] y diferencias en cuanto al kerma (p = 0,005), PDA (p = 0,010), dosis efectiva (p = 0,002) y duración de escopia (p = 0,049).

No se analizó el subgrupo de individuos sin proyecciones adicionales debido al escaso número del que se disponía.

La **tabla 2** refleja la comparación entre las distintas variables resultado de la AC frente a la ARD con menos de 3 proyecciones adicionales.

Tabla 1. Comparación entre las variables resultado de la AC frente a la ARD.

	Población total N= 145	AC N= 103	ARD N= 42	p
Duración del procedimiento (min)	13,7 ± 6,1	14,4 ± 6,7	12,1 ± 4,3	0,014
Duración escopia (min)	2,0 [1,7]	2,0 [1,7]	2,1 [1,7]	0,457
Kerma (mGy)	255,0 [214,0]	275,0 [237,0]	248,0 [151,0]	0,175
PDA (mGycm ²)	21.659,0 [19546,0]	22.184,0 [21549,0]	21.575,0 [16235,0]	0,299
Dosis efectiva (mSv)	4,0 [3,7]	4,1 [4,0]	3,8 [3,0]	0,153
Volumen contraste (mL)	68,9 ± 24,6	75,4 ± 20,6	52,7 ± 26,1	<0,001
Enfermedad coronaria	48,0 [33,1]	32,0 [31,1]	16,0 [38,1]	0,441
Estancia hospitalaria post-cateterismo (días)	1,0 [2,0]	1,0 [2,0]	1,0 [2,3]	0,513

Tabla 2. Comparación entre las variables resultado de la AC frente a la ARD con menos de 3 proyecciones adicionales.

	AC N= 103	ARD con menos de 3 proyecciones adicionales N= 25	p
Duración del procedimiento (min)	14,4 ± 6,7	11,0 ± 3,6	0,001
Duración escopia (min)	2,0 [1,7]	1,6 [1,2]	0,049
Kerma (mGy)	275,0 [237,0]	220,0 [130,0]	0,005
PDA (mGycm ²)	22.184,0 [21549,0]	18.822,0 [11.979,0]	0,010
Dosis efectiva (mSv)	4,1 [4,0]	3,0 [2,2]	0,002
Volumen contraste (mL)	75,4 ± 20,6	47,0 ± 17,7	<0,001
Estancia hospitalaria post-cateterismo (días)	1,0 [2,0]	1,0 [1,0]	0,171

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Hasta la fecha este es el primer estudio realizado con ARD en nuestra comunidad autónoma y el segundo realizado en nuestro país²⁰. En el mismo se demuestra la superioridad de la ARD respecto a la AC en sujetos sometidos a coronariografía diagnóstica en términos de duración de procedimiento y volumen de contraste, sin diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la estancia hospitalaria. No obstante, al analizar el subgrupo de sujetos con menos de 3 proyecciones adicionales los individuos sometidos a ARD recibieron menor cantidad de volumen de contraste y menor dosis de radiación respecto a los pacientes sometidos a coronariografía convencional con una duración menor del procedimiento.

La reducción del volumen de contraste coincide en todos los estudios previamente publicados^{17,19-25}, si bien en un porcentaje variable. Del mismo modo, y a diferencia de nuestro trabajo, existe una reducción en la dosis de radiación administrada en todas las publicaciones^{17,19-25}. En el subgrupo de sujetos con

menos de 3 proyecciones sí encontramos coincidencia con los estudios previos, lo que puede explicarse por la curva de aprendizaje con necesidad de proyecciones adicionales para un correcto diagnóstico.

En lo referente al tiempo de procedimiento existen resultados contradictorios con resultados positivos, al igual que nuestro trabajo, en cuanto a la reducción de la duración del procedimiento^{17,19,21,23}, incremento en el mismo^{20,25} o ausencia de diferencias en el tiempo empleado en la ARD frente a la AC^{22,24}. Los motivos achacados a estas diferencias son la curva de aprendizaje y la necesidad de colocar al paciente en el isocentro para la realización de la ARD. La menor duración del procedimiento puede ser especialmente útil, como es nuestro caso, en centros con una única sala de hemodinámica donde es preciso optimizar los recursos disponibles.

Existen datos publicados sobre posibles eventos arrítmicos y hemodinámicos en inyecciones de contraste prolongadas³⁰ y complicaciones aisladas como isquemia transitoria²¹, caída

de la presión arterial sistólica y taquicardia ventricular¹⁹ en sujetos sometidos a ARD. En nuestro estudio no hubo ninguna complicación asociada a la técnica rotacional.

Como limitaciones debemos señalar el importante número de sujetos sometidos a proyecciones adicionales (68,9%) que es muy superior al encontrado en otros estudios (54% en el grupo de Giuberti et al.²⁵ y 14% en el trabajo de Liu et al.¹⁹) y que nuevamente ponemos en relación con la curva de aprendizaje, hecho que queda demostrado al haber realizado proyecciones adicionales en todos los individuos con enfermedad coronaria a pesar de que estudios como Jin et al.²⁸ muestran una adecuada correlación entre ARD y ecografía intravascular coronaria. Otra limitación es el diseño del estudio (retrospectivo y no aleatorizado) pero que creemos que nos ayuda a valorar la utilidad de la ARD en la práctica clínica real. Tampoco se realizó cálculo del tamaño muestral debido a la falta de homogeneidad en la magnitud de la reducción del contraste y la radiación entre los distintos estudios. Los datos dosimétricos proceden del equipo, sería de gran utilidad el empleo de dosímetros en la piel del paciente o los datos de los dosímetros de los operadores, aspecto que podría analizarse en futuros estudios prospectivos. Finalmente, no se incluyeron todos los sujetos sometidos de manera consecutiva a coronariografía, si no aquellos con angiografía diagnóstica; consideramos adecuada esta estrategia puesto que la magnitud del beneficio de la ARD podría verse disminuida con el contraste y radiación adicional utilizada en la angioplastia.

Conclusiones

La ARD permite una reducción significativa de la dosis de contraste administrado y del tiempo de procedimiento respecto a la AC. En el subgrupo de sujetos con menos de 3 proyecciones adicionales la ARD comparada con la AC presenta menor duración escopia, menor Kerma, PDA y dosis efectiva sin diferencias significativas en cuanto a la estancia hospitalaria.

A la luz de estos hallazgos la ARD podría ser la técnica de elección en determinados estudios en los que a priori, no se prevé la realización de intervencionismo coronario, y la probabilidad de encontrar enfermedad coronaria no es muy elevada.

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, De Bonis M, Hamm C, Holm PJ, et al. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *European heart journal*. 2017;38(36):2739-91.
2. Roffi M, Patrono C, Collet JP, Mueller C, Valgimigli M, Andreotti F, et al. 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: Task Force for the Management of Acute Coronary Syndromes in Patients Presenting without Persistent ST-Segment Elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *European heart journal*. 2016;37(3):267-315.
3. Ibanez B, James S, Agewall S, Antunes MJ, Bucciarelli-Ducci C, Bueno H, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *European heart journal*. 2018;39(2):119-77.
4. Martín-Moreiras J, Cruz-Gonzalez I, Cascón-Bueno M. Anatomía Coronaria. Proyecciones angiográficas. En: Martín Moreiras J, Cruz González I, editores. Manual de hemodinámica e intervencionismo coronario. 1ª edición. España: Pulso Ediciones; 2008. p. 57 - 72.
5. Schwartz JN, Kong Y, Hackel DB, Bartel AG. Comparison of angiographic and postmortem findings in patients with coronary artery disease. *The American journal of cardiology*. 1975;36(2):174-8.
6. Galbraith JE, Murphy ML, de Soyza N. Coronary angiogram interpretation. Interobserver variability. *Jama*. 1978;240(19):2053-6.
7. Marenzi G, Assanelli E, Campodonico J, Lauri G, Marana I, De Metrio M, et al. Contrast volume during primary percutaneous coronary intervention and subsequent contrast-induced nephropathy and mortality. *Annals of internal medicine*. 2009;150(3):170-7.
8. Laskey WK, Jenkins C, Selzer F, Marroquin OC, Wilensky RL, Glaser R, et al. Volume-to-creatinine clearance ratio: a pharmacokinetically based risk factor for prediction of early creatinine increase after percutaneous coronary intervention. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007;50(7):584-90.
9. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *European heart journal*. 2019;40(2):87-165.
10. Karatzis EN, Danias PG. Exposure to ionizing radiation from cardiovascular imaging and therapeutic procedures may be a considerable unrecognized risk for subsequent cancer development. *Journal of the American College of Radiology : JACR*. 2008;5(6):694-5.
11. Gerber TC, Carr JJ, Arai AE, Dixon RL, Ferrari VA, Gomes AS, et al. Ionizing radiation in cardiac imaging: a science advisory from the American Heart Association Committee on Cardiac Imaging of the Council on Clinical Cardiology and Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. *Circulation*. 2009;119(7):1056-65.
12. Tommasini G, Camerini A, Gatti A, Derchi G, Bruzzone A, Vecchio C. Panoramic coronary angiography. *Journal of the American College of Cardiology*. 1998;31(4):871-7.
13. Akhtar M, Vakharia KT, Mishell J, Gera A, Ports TA, Yeghiazarians Y, et al. Randomized study of the safety and clinical utility of rotational vs. standard coronary angiography using a flat-panel detector. *Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*. 2005;66(1):43-9.
14. Smida W, Sideris G, Stratiev V, Logeart D, Ouadhour A, Tarragano F, et al. [Rotational coronary angiography]. *Archives des maladies du coeur et des vaisseaux*. 2007;100(11):895-900.
15. Garcia JA, Agostoni P, Green NE, Maddux JT, Chen SY, Messenger JC, et al. Rotational vs. standard coronary angiography: an image content analysis. *Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*. 2009;73(6):753-61.
16. Loomba RS, Rios R, Buelow M, Eagam M, Aggarwal S, Arora RR. Comparison of Contrast Volume, Radiation Dose, Fluoroscopy Time, and Procedure Time in Previously Published Studies of Rotational Versus Conventional Coronary Angiography. *The American journal of cardiology*. 2015;116(1):43-9.
17. Klein AJ, Garcia JA, Hudson PA, Kim MS, Messenger JC, Casserly IP, et al. Safety and efficacy of dual-axis rotational coronary angiography vs. standard coronary angiography. *Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*. 2011;77(6):820-7.
18. Hudson PA, Klein AJ, Kim MS, Wink O, Hansgen A, Casserly IP, et al. A novel dual-axis rotational coronary angiography evaluation of coronary artery disease--case presentation and review. *Clinical cardiology*. 2010;33(7):E16-9.
19. Liu HL, Jin ZG, Yang SL, Luo JP, Ma DX, Liu Y, et al. Randomized study on the safety and efficacy of dual-axis rotational versus standard coronary angiography in. *Chinese medical journal*. 2012;125(6):1016-22.
20. Gomez-Menchero AE, Diaz JF, Sanchez-Gonzalez C, Cardenal R, Sanghvi AB, Roa-Garrido J, et al. Comparison of dual-axis rotational coronary angiography (XPERSWING) versus conventional technique in routine practice. *Revista espanola de cardiologia (English ed)*. 2012;65(5):434-9.
21. Grech M, Debono J, Xuereb RG, Fenech A, Grech V. A comparison between dual axis rotational coronary angiography and conventional coronary angiography. *Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*. 2012;80(4):576-80.
22. Di Serafino L, Turturo M, Lanzone S, Marano M, Scognamiglio G, Trimarco B, et al. Comparison of the Effect of Dual-Axis Rotational Coronary Angiography Versus Conventional Coronary Angiography on Frequency of Acute Kidney Injury, X-Ray Exposure Time, and Quantity of Contrast Medium Injected. *The American journal of cardiology*. 2018;121(9):1046-50.
23. Yasar AS, Perino AC, Dattilo PB, Casserly IP, Carroll JD, Messenger JC. Comparison of a safety strategy using transradial access and dual-axis rotational coronary angiography with transfemoral access and standard coronary angiography. *Journal of interventional cardiology*. 2013;26(5):524-9.
24. Farshid A, Chandrasekhar J, McLean D. Benefits of dual-axis rotational coronary angiography in routine clinical practice. *Heart and vessels*. 2014;29(2):199-205.
25. Giuberti RS, Caixeta A, Carvalho AC, Soares MM, Abreu-Silva EO, Pestana JO, et al. A randomized trial comparing dual axis rotational versus conventional coronary angiography in a population with a high prevalence of coronary artery disease. *Journal of interventional cardiology*. 2014;27(5):456-64.
26. Liu H, Jin Z, Deng Y, Jing L. Dual-axis rotational coronary angiography can reduce peak skin dose and scattered dose: a phantom study. *Journal of applied clinical medical physics*. 2014;15(4):4805.
27. Unzué-Vallejo L, Delcan-Domínguez JL, Alegría-Barrera A, Medina-Peralta J, Rodríguez-Rodrigo FJ, Rodríguez-López JL. Coronary lesions quantification with dual-axis rotational coronary angiography. *Cardiovascular revascularization medicine: including molecular interventions*. 2013;14(1):37-40.
28. Jin ZG, Zhang ZQ, Jing LM, Wei YJ, Zhang J, Luo JP, et al. Correlation between dual-axis rotational coronary angiography and intravascular ultrasound in a coronary lesion assessment. *The international journal of cardiovascular imaging*. 2017;33(2):153-60.
29. Fernandez-Rodriguez D, Anmad Shihadeh L, Martos-Maine JL, Couto-Comba P, Quijada-Fumero A, Pimienta R, et al. [Impact of rotational coronary angiography in the amount of iodinated contrast and the exposure to ionising radiations in patients undergoing invasive coronary procedures: A systematic review and meta-analysis]. *Archivos de cardiologia de Mexico*. 2018;88(4):277-86.
30. Roriz R, de Gevigney G, Finet G, Nantois-Collet C, Borch KW, Amiel M, et al. [Comparison of iodoxanol (Visipaque) and ioxaglate (Hexabrix) in coronary angiography and ventriculography: a double-blind randomized study]. *Journal de radiologie*. 1999;80(7):727-32.