

## КОМПЮТЪРТОМОГРАФСКА КОРОНАРНА АНГИОГРАФИЯ: КАКВИ СА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА РЕДУКЦИЯ НА РАДИАЦИОННАТА ДОЗА?

А. Ангелов, Й. Йотов

**Key words:** *Computed tomography coronary angiography, radiation dose*

Основният източник на йонизираща радиация в медицината е компютърната томография (КТ) (1). Радиационната доза (РД), получена при КТ изследвания от всеки жител на САЩ, е нарастнала от 0,54 mSv през 1980 г. до 3,2 mSv през 2006 г. /2/ Около 30% от РД от медицински изследвания в САЩ е от образни изследвания и процедури в кардиологията (1,3). Индивидуалният риск след КТ е действително малък, но поради огромния брой лица, получили КТ изследване всяка година, този малък риск може да се трансформира в значителен брой злокачествени заболявания в бъдеще. Допуска се, че 1,5 до 2% от онкологичните заболявания в САЩ са следствие на КТ (4). Около две трети от потенциалните случаи на рак вследствие на КТ се очакват при женския пол поради по-честата употреба на метода (60% от КТ скеновете) и поради по-високата честота на карцином на млечната жлеза и белия дроб при жените при КТ скен с експозиция на торакса (5,6). Най-често съобщаваното съотношение между един фатален изход поради радиационна експозиция към брой КТ скена е 1:2000 на база ефективна доза от 10 mSv/скен (5).

Съществуват различни предположения за наличие на праг на РД, под който рискът за карциногенеза е нулев, но на този етап се приема за валиден т.нар. LNT модел (linear no-threshold), при кой-

Първа кардиологична клиника с ИКО, МБАЛ „Св. Марина“ Варна

### Computed tomography coronary angiography: what are the possibilities to reduce the radiation exposure?

A. Angelov, Y. Yotov

*Noninvasive visualization of the coronary arteries by computed tomography coronary angiography (CCTA) is a highly accurate and useful method, but its association with ionizing radiation and the potential risk of cancer induction has raised concerns.*

*The aim of the study was to evaluate the possible ways of radiation dose reduction.*

*Methods: A consecutive sample of 354 subjects who underwent CCTA was studied. Siemens Somatom Definition (Dual Source 2x64) scanner was used.*

*Results: The effective dose ionizing radiation was significantly lower when the prospective scan (PS) protocol (during the diastolic phase of the heart cycle scanning only) and/or reduced tube voltage of 100 kV were used ( $p < 0,001$ ). PS was applied in 20,3% of the patients. There was not difference in the mean number of coronary segments with diagnostic image quality per patient between PS and retrospective scan (RS) protocols. PS was more frequently used in men, but no gender differences in heart rate (HR), HR variability and body mass index (BMI) were observed. Irrespective of the protocol,  $HR < 65$  bpm ( $p = 0,02$ ) and  $HR$  variability  $< 10$  bpm ( $p < 0,01$ ) during the scan were the significant predictors of reduced effective dose.*

*Conclusions: Effective dose-saving strategies in CCTA diagnostics are the prospective scan and/or the use of reduced tube voltage in non-obese patients. Because of the BMI dependency using the 100 kV tube voltage, another option is to apply adequate be-*

*tablocker premedication to reduce HR and HR variability in order to increase the usage of the PS protocol. In this respect, many patients who underwent RS may be potential candidates for PC protocol.*

то рискът се увеличава линейно с нарастване на дозата (2,5). Ефективните дози (ЕД), които се получават от околната среда или при тютюнопушене, са сравними с тези от някои образни методи в кардиологията – табл. 1 (7).

КТ коронарна ангиография (КТКА) обичайно е под 10 mSv.

Обсъждайки потенциалните неблагоприятни последици от радиационната експозиция в медицината, не трябва да се забравя, че когато очакваната полза от дадена процедура е голяма, рисковете са оправдани. Рискът за сърдечно-съдова смърт при мъж на 60 г. с множество РФ е 800 пъти по-голям от риска за онкологично заболяване вследствие на приложена КТКА (10). При установяване на коронарна болест при този пациент прилагането след това на съответно лечение и корекция на рисковите фактори допъл-

Таблица 1. Ефективни дози йонизираща радиация при някои диагностични процедури (7)

Експозиция	Типична ефективна доза (mSv)
Радиация от околната среда (за 1 година)	3
Тютюнопушене	2,8
Мамография	0,5
КТ абдомен	3-5
Диагностична коронарна ангиография	2-10
Коронарна интервенционална ангиография	9-13
КТ коронарна ангиография (проспективен скен)	1-5
КТ коронарна ангиография (ретроспективен скен)	9-20

През последните години се положиха много усилия, за да се постигне редукция на РД при нуклеарните и КТ изследванията в кардиологията и резултатът е драматично понижение на ефективните дози. Gerber et al (8) съобщават за дози от 15 mSv при КТ коронарна ангиография (ретроспективен скен) и 3 mSv при КТ коронарна ангиография (проспективен скен). Chen et al (9) анализират лъчевата експозиция при почти 1 милион пациенти, получили образни изследвания през периода 2005-2007 г. Според това проучване средна ЕД при КТ коронарна ангиография (ретроспективен скен) е подобна – 16 mSv. На практика, обаче, тези данни днес не са актуални. Поради по-честото използване на проспективен скен или дозова модулация ефективната доза при

нително ще увеличи ползата от изследването и ще минимизира още значението на радиационната експозиция (10).

Онкологичните заболявания вследствие на йонизираща радиация имат латентен период от около 10-40 г. Рискът е много по-висок при по-млади пациенти, където може да се очакват нови експозиции в бъдеще по различни поводи. Очаква се те да имат и такава продължителност на живота, която да е достатъчна за достигане до клинична изява на причинения от йонизиращата радиация рак (2,9). Следователно, друг начин за избягване на излишна експозиция е прилагането на алтернативни диагностични методи без йонизираща радиация при лица под 40 г, където вероятността за коронарна болест е малка.

Придържането към принципа ALARA (as low as reasonably achievable, т.е. толкова малко, колкото е разумно достижимо) е най-добрата стратегия да се намали биологичния риск от радиационната експозиция в медицината (11). Опитът от последното десетилетие показва, че при използването на нискодозови КТ протоколи в кардиологията се постигат желаните цели на изследването при значимо редуцирана ЕД.

Цел на проучването е да се анализират факторите влияещи на получената ЕД при КТКА и потенциалните възможности за нейната редукция.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследвани са 354 последователни пациенти (159 мъже и 195 жени) на средна възраст  $58,3 \pm 8,6$  г. (33-76 г.). КТКА е проведена с една от следните индикации: безсимптомни лица с повишен сърдечно-съдов риск, насочени за скрининг за коронарна болест или симптомни болни без доказана ИБС.

Изследването е проведено с компютърен томограф Siemens Somatom Definition (Dual Source) със следните технически характеристики: ротационно време 330 ms; ефективна изходяща мощност на източниците 350 mA; колимация  $2 \times 64 \times 0,6$  mm и волтаж на източниците 120 kV (100 kV при индекс на телесната маса (ИТМ)  $\leq 25$  kg/m<sup>2</sup>). Всички пациенти със сърдечна честота (СЧ)  $> 65$ /мин са получили 60-120 мин. преди изследването 25-100 mg Atenolol перорално за понижаване на СЧ и намаляване на варибилността ѝ. За постигане на дилатация на коронарните артерии и оптимално изобразяване на съдовия лумен е приложен сублингвално нитроглицерин 2-4 мин. преди изследването в доза 0,8-1,2 mg. След определяне на транзитното време с 10-15 ml контрастна материя (Ultravist) с техниката test bolus, се инжектират 50-100 ml, последвани от 50 ml физиологичен серум при задържан инспириум с

ЕКГ-синхронизация. При част от пациентите със СЧ  $\leq 65$  уд./мин. и стабилен ритъм е използван проспективен протокол, за да се намали експозицията на йонизираща радиация. При този протокол скенирането е само в предварително определен времеви интервал на сърдечния цикъл – по време на диастола. При останалите пациенти е използван ретроспективен скен (12). При всеки е определена средната СЧ, варибилитета на СЧ (ВСЧ), индекса на телесната маса (ИТМ) и получената ЕД йонизираща радиация. Качеството на образа за всеки сегмент на коронарните артерии е оценено с 4-точковата скала на Lickert (13).

## РЕЗУЛТАТИ

КТКА с проспективно скениране (ПС) е приложен при 72 (20,3%) от изследваните, като ЕД при този протокол е значимо по-ниска от тази при ретроспективен скен (РС) -  $3,16 \pm 1,47$  vs  $6,07 \pm 2,44$  mSv,  $p < 0,001$ . От особено значение е, че средният брой сегменти на коронарните артерии на изследван пациент с диагностично качество на образите (Lickert score  $\leq 3$ ) не се различава сигнификантно при ПС и РС ( $13,4 \pm 1,5$  vs  $13,3 \pm 1,6$ , NS).

ЕД е по-ниска и при волтаж на източника 100 kV в сравнение с волтаж 120 kV ( $2,42 \pm 1,2$  vs  $6,1 \pm 2,1$  mSv,  $p < 0,001$ ). Получената ЕД (независимо от вида на протокола) в подгрупите с ИТМ  $\leq 25$  kg/m<sup>2</sup>; ИТМ  $25,1-29,9$  kg/m<sup>2</sup> и ИТМ  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup> е съответно  $2,71 \pm 1,56$  mSv,  $5,06 \pm 2,2$  mSv и  $7,01 \pm 2,2$  mSv ( $p < 0,001$ ).

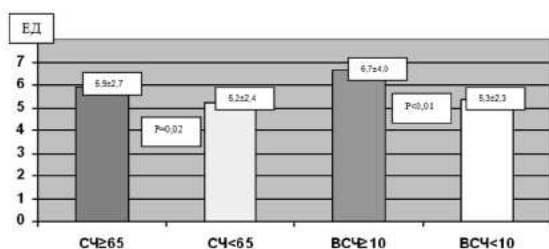
Делът на изследванията с 100 kV е по-голям при лицата с ПС (36,1% vs 16%,  $p < 0,001$ ), което се дължи на по-ниския ИТМ в тази група – таблица 2.

Средната ЕД йонизираща радиация е значимо по-висока при СЧ  $\geq 65$  уд/мин и ВСЧ  $\geq 10$  уд/мин независимо от приложението протокол – фигура 1.

Намерената по-ниска честота на прилагане на ПС при лицата от женски пол (табл. 2), бе причина допълнително

Таблица 2. Характеристика на пациентите с ПС и РС

	Проспективен скен n=72	Ретроспективен скен n=282	p
Възраст (г.)	56,9±8,3	58,7±8,7	NS
Пол М/Ж, %	56%/44%	42%/58%	0,04
ИТМ (кг/м <sup>2</sup> )	27,8±3,9	29,8±4,8	0,002
Средна СЧ (уд./мин)	56,8±4,8	63,5±8,4	<0.001
ВСЧ (уд./мин)	6,04±5,8	4,04±6,5	0.02
Волтаж на източника 100 kV	36,1%	16%	p<0,001



Фигура 1. ЕД (mSv) в зависимост от средната СЧ и ВСЧ по време на скена

да се анализира дали двата пола се различават по отношение на променливите с най-голямо значение за ЕД. Не бе установена разлика в средната СЧ, ВСЧ и ИТМ – таблица 3.

Таблица 3. Характеристика на двата пола по отношение факторите, които имат значение за ЕД

	ЖЕНИ n=195	МЪЖЕ n=159	p
Проспективен скен, %	16,4%	25,2%	0,04
ИТМ (кг/м <sup>2</sup> )	29,3±5,1	29,5±4,3	NS
Средна СЧ (уд./мин)	62,8±7,9	61,3±8,5	NS
ВСЧ (уд./мин)	4,1±5,5	4,9±7,4	NS

## ОБСЪЖДАНЕ

Според PROTECTION I използването на проспективно скениране и волтаж на източника 100 kV води до редукция на ЕД съответно с 78% и 46% (14). Установените от нас честота на приложение на проспективен скен и получена ЕД при ПС и РС са сходни или дори по-добри в сравнение с докладваните в PROTECTION I и

данните от наскоро публикуван метанализ на проучвания в тази област (15).

Добре известно е, че най-добро качество на получените образи при КТКА се постига при ниска СЧ (<60 уд./мин.) и при минимална ВСЧ. При пациентите с висока СЧ, аритмия и изразено затлъстяване качеството на образите е обичайно незадоволително за сметка и на по-висока получена ЕД йонизираща радиация. За тази цел при СЧ>65 уд./мин обичайно се прилага бетаблоккер пер ос или интравенозно (16). Според нашите резулта-

ти, средна СЧ<65 уд./мин и ВСЧ<10 уд./мин. по време на скена са предиктори за сигнификантно по-ниска ЕД йонизираща радиация.

Известно е, че използването на традиционния РС гарантира по-голяма сигурност на изследователя да получи образи с качество позволяващо интерпретация (13). В изследваната от нас група

средният брой сегменти на коронарните артерии/пациент с диагностично качество на образите не се различава при пациентите с ПС и РС. Възможно обяснение на този факт следва да се търси и в неминуемата преселекция на пациентите, когато се избира кой протокол да бъде приложен, дори при стабилен ритъм и ниска СЧ. Това става много често в последния момент, на самата маса в КТ лабораторията. Обичайно при пациентите с висок ИТМ и/или по-ниска вероятност адекватно да задържат инспириум по време на скена се избира ретроспективен протокол.

Пациентите, изследвани с ПС в нашето проучване, са със значимо по-нисък ИТМ, което позволява и по-честото съчетаване на ПС с волтаж от 100 kV. В тези случаи получената ЕД много често достига стойности под 1,5 mSv - изключително ниска ЕД, сравнима с тази при скринингови образни изследвания като коронарен калциев скор и мамография (7). Стойностите на средната СЧ и ВСЧ при лицата изследвани с РС предполагат обаче, че поне една част от тях биха били подходящи за ПС.

Прилагането на волтаж на източника от 100 kV при лица с нисък ИТМ ( $\text{ИТМ} \leq 25 \text{ кг/м}^2$ ) е основен прием за постигане на значима редукция в получената ЕД. Според някои автори намален волтаж може да се използва и при  $\text{ИТМ} < 30 \text{ кг/м}^2$  (15, 17). С оглед редукция на ЕД, волтаж на източника 100 kV е използван от нас и при някои лица с леко повишен ИТМ (25-27  $\text{кг/м}^2$ ) без това да влошава качеството на получените образи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прилагането на ПС и/или намален волтаж на източника от 100 kV при КТКА са основните прийоми за постигане на значима редукция в получената ЕД при запазване на оптимално диагностично качество на образите. Тъй като ИТМ е некorigируема величина, основният резерв за постигане на редукция на ЕД йо-

низират радиация е приложението на ПС. Значим брой пациенти получили РС, вкл. много жени, са потенциални кандидати за КТКА с проспективно скениране. Адекватната премедикация с бета-блокери и добре проведените инструкции относно техниката на задържане на дишането по време на скена дават възможност при повече пациенти да се прилагат протоколи с намалена радиационна експозиция.

## КНИГОПИС

1. Fazel R, Krumholz HM, Wang Y et al. Exposure to low-dose ionizing radiation from medical imaging procedures. *N Engl J Med* 2009; 361: 849-857.
2. Castronovo FP. Regarding the patient dosimetry and cancer risk associated with performing computed tomography coronary angiography. *J Nucl Cardiol* 2008; 15: 157-158.
3. Mettler FA, Bhargavan M, Faulkner K et al. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources: 1950-2007. *Radiology* 2009; 253: 520-531.
4. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography – an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med* 2007; 357: 2277-2284.
5. Gonzales AB, Manesh M, Kim KP et al. Projected cancer risk from computed tomographic scans performed in the US in 2007. *Arch Intern Med* 2009; 169: 2071-2077.
6. Kim KP, Einstein AJ, Gonzales AB. Coronary artery calcification screening. Estimated radiation dose and cancer risk. *Arch Intern Med* 2009; 169: 1188-1194.
7. Winchester DE, Wymer DC, Shifrin RY et al. Responsible use of computed tomography in the evaluation of coronary artery disease and chest pain. *Mayo Clin Proc* 2010; 85: 358-364.

8. Gerber TC, Carr JJ, Arai AE 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: 1056-65.
9. Chen J, Einstein AJ, Fazel R et al. Cumulative exposure to ionizing radiation from diagnostic and therapeutic cardiac imaging procedures. A population-based analysis. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56: 702-711.
10. Budoff MJ, Gupta M. Radiation exposure from cardiac imaging procedures. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56: 712-714.
11. Prasad KN, Cole WC, Haase GM. Radiation protection in humans: extending the concept of as low as reasonably achievable (ALARA) from dose to biological damage. *Br J Radiol* 2004; 77: 97-99.
12. Dewey M. *Coronary CT angiography*. 2009 Springer Verlag Berlin-Heidelberg.
13. Shuman WP, Kelley RB, May JM et al. Prospective versus retrospective ECG gating for 64-Detector CT of the coronary arteries: comparison of image quality and patient radiation dose. *Radiology* 2008; 248: 431-437.
14. Hausleiter J, Meyer T, Hermann F et al. Estimated radiation dose associated with cardiac CT angiography. *JAMA* 2009; 301: 500-507
15. Von Ballmoos MW, Haring B, Juillerat P, Abkadhi H. Metaanalysis: Diagnostic performance of low radiation dose coronary computed tomography angiography. *Ann Intern Med* 2011; 154: 413-420.
16. Leschka S, Wildermuth S, Boehm T et al. Noninvasive coronary angiography with 64-section CT: effect of average heart rate and heart rate variability on image quality. *Radiology* 2006; 241: 378-385.
17. Meyer T, Hein F, Martinoff S et al. Radiation exposure and dose reduction measures in cardiac CT. *Current Cardiovascular Imaging Reports* 2008; 1: 133-140.

**Адрес за кореспонденция:**  
 д-р Атанас Ангелов  
 Първа кардиологична клиника,  
 МБАЛ „Св. Марина”,  
 бул. „Хр. Смирненски” 1, 9010 Варна,  
 e-mail: angelov\_atanas@abv.bg