

СТАТЬИ

УДК 616-073.756.8

**МЕТОДОЛОГИЯ КОМПЬЮТЕРНО-ТОМОГРАФИЧЕСКОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ: ЗНАЧЕНИЕ РАВНОМЕРНОГО ПОДОГРЕВА
КОНТРАСТНОГО ВЕЩЕСТВА ПЕРЕД ВНУТРИВЕННЫМ
БОЛЮСНЫМ КОНТРАСТИРОВАНИЕМ**

¹Азнауров В.Г., ²Звезда Д.М., ¹Коваленко А.А.,

¹Петрова Н.В., ^{1,3}Кармазановский Г.Г.

¹ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр хирургии
имени А.В. Вишневского, Москва, e-mail: v.aznavour@ya.ru;

²ООО «Гута-клиник», Москва;

³ФГАОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет
имени Н.И. Пирогова, Москва

В настоящей статье представлены результаты оригинального исследования, посвященного проблеме выработки методологии проведения КТ-исследования с внутривенным контрастным усилением с наименьшим дискомфортом для пациента. Проанализированы данные КТ-исследований 80 пациентов, из них 45 (56%) женщин и 35 (44%) мужчин. Пациенты были разделены на 2 группы – 35 и 45 человек. В группе 1 контрастный препарат перед введением был предварительно подогрет, в группе 2 подогрев не применялся. Всем пациентам была выполнена 4-фазная мультиспиральная компьютерная томография органов брюшной полости с внутривенным контрастным усилением. Анкетирование проводилось среди пациентов, которым выполняли два и более КТ-исследований. После исследования пациентам было предложено пройти анкетирование, где одним из пунктов было описание ощущений, возникающих в процессе и после внутривенного введения контрастного препарата. Анализ результатов анкетирования показал, что подогретый контрастный препарат уменьшает дискомфорт и неприятные ощущения во время исследования по сравнению с введением контрастного препарата комнатной температуры. Была обнаружена статистически значимая разница в результатах анкетирования между группами 1 и 2, $p < 0,01$. Успешность проведения КТ с контрастным усилением зависит от множества факторов. Подогретый контрастный препарат может существенно уменьшить дискомфорт от процедуры КТ. Немаловажными факторами являются ощущения пациента в ходе процедуры, его эмоциональное состояние, опыт от предыдущих исследований и ожидания от настоящего исследования. Следует стремиться обеспечить пациенту комфортные условия проведения процедуры. Достичь этого позволяют, в том числе, использование контрастного препарата, прошедшего предварительный подогрев при помощи специализированного термошкафа.

Ключевые слова: МСКТ, подогрев контрастного вещества, внутривенное контрастирование, термошкаф Ready box, йод

**METHODOLOGY OF COMPUTED TOMOGRAPHY STUDY:
THE MEANING OF UNIFORM HEATING OF THE CONTRAST
MEDIA BEFORE INTRAVENOUS BOLUS INJECTION**

¹Aznaurov V.G., ²Zvezdina D.M., ¹Kovalenko A.A.,

¹Petrova N.V., ^{1,3}Karmazanovsky G.G.

¹A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery,
Moscow, e-mail: v.aznavour@ya.ru;

²«GUTA-Clinic» LLC, Moscow;

³Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow

This article presents the results of an original study on the problem of developing a methodology for performing a CT study with intravenous contrast enhancement with the least discomfort for the patient. The CT studies of 80 patients were analyzed, of which 45 (56%) were women and 35 (44%) were men. The patients were divided into 2 groups – 35 and 45 persons. In group 1, the contrast agent was pre-warmed before administration, in group 2, heating was not applied. All patients underwent 4-phase multidetector computed tomography of the abdominal organs with intravenous contrast enhancement. The survey was carried out in patients who underwent two or more CT examinations. After the study, the patients were asked to undergo a questionnaire, where one of the points was the feelings during and after intravenous administration of a contrast agent. Analysis of the results of the questionnaire showed that the heated contrast agent reduces discomfort during the study compared to the administration of a unheated contrast agent. There was a statistically significant difference in the results of the questionnaire between groups 1 and 2, $p < 0,01$. The success of contrast-enhanced MDCT depends on many factors. The prepared contrast agent can significantly reduce the discomfort from the MDCT procedure. The patient's feelings during the procedure, his/her emotional state, experience from previous studies and expectations from the present are also important. It should strive to provide the patient with the most comfortable conditions for the procedure. This can be achieved, among other things, by using a contrast agent that has been preheated using a specialized Contrast Media Warmer.

Keywords: MDCT, heated contrast media, Contrast Media Warmer Ready box, intravenous contrast administration, iodine

Важным аспектом современной лучевой диагностики является целесообразное применение контрастных препаратов (КП) при проведении мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) с внутривенным контрастным усилением (ВКУ). От этого зависят точность диагноза, оценка процесса и его динамики, а также прогноз заболевания. Однако при проведении исследования немаловажными являются ощущения пациента, так как при сильном дискомфорте в ходе исследования пациент может начать двигаться, что приведет к снижению качества полученных изображений. На ощущения от введения КП при ВКУ влияют его вязкость и скорость введения [1]. Эмоциональный настрой пациента, особенности склада личности, опыт предыдущих исследований, сопровождавшихся введением КП, также существенно влияют на ощущения больного при КТ-исследовании. При предварительном подогреве КП его вязкость уменьшается, что позволяет в некоторых случаях увеличить скорость его введения. Для подогрева КП целесообразно применять специальные термостаты. Использовать подручные средства, такие как грелки, водяные бани, либо применять подогрев под струей горячей воды не рекомендуется. Использование подручных средств может вызывать риск перегрева/переохлаждения контрастного препарата и риск повреждения упаковки с последующим нарушением стерильности содержимого. Для исключения этих рисков ряд производителей КП предлагают использовать термостаты, которые представляют собой шкаф с прозрачной дверцей и встроенным термометром для определения и поддержания температуры на одном уровне.

Цель исследования – оценить изменение степени неприятных/болевых ощущений от внутривенного введения КП, предварительно прошедшего подогрев в термостате, при помощи анкетирования.

Доказать, что подогрев вводимых растворов при исследованиях является необходимым методологическим элементом манипуляции контрастного усиления.

Материалы и методы исследования

Всем пациентам контрастный препарат вводился при помощи автоматического двухголовчатого инжектора с установленной скоростью введения 3,5–4 мл/с. Использовались контрастный препарат «Йоверсол 350» объемом 100 мл, термостат «Ready Vox» производства «Маллинкродт Канада КНО (Канада), Тайко Хэлскэа (Канада)». Пороговый уровень контрастирования перед началом сканирования составлял 150 единиц Hounsfield. Метку зоны интере-

са (ROI- region of interest) размещали на просвете нисходящей аорты на уровне тела позвонка L2. Перед внутривенным введением КП подогревали до 37°C. Были исключены альтернативные способы подогрева, такие как разогрев горячей водой в раковине или с помощью батареи отопления.

В исследовании использованы результаты анкетирования 80 пациентов в возрасте от 29 до 85 лет, из них: 45 (56%) женщин и 35 (44%) мужчин. Пациенты в случайном порядке были поделены на две группы: пациентам 1-й группы вводился КП, прошедший подогрев в термостате, пациентам 2-й группы КП вводился без предварительного разогрева в термостате. 1-я группа состояла из 35 человек (из них 20 женщин и 15 мужчин), 2-я группа состояла из 45 человек (из них 25 женщин и 20 мужчин). В исследовании участвовали пациенты, которые проходили два и более КТ-исследования в течение 1 года. Опрашивались пациенты, проходившие повторное исследование. Каждый пациент после исследования заполнял обязательную часть анкеты, состоящей из пунктов: Ф.И.О. пациента, пол, рост (см), вес (кг), окружность талии (см), аллергические реакции, в том числе на введение КП, ощущения во время исследования при введении КП.

Также анкета включала несколько пунктов, которые заполнялись специалистами после проведения и обработки исследования: оценка КТ-плотности в просвете аорты, воротной вены и паренхиматозных органов до и после контрастного усиления, время достижения целевого уровня КТ-плотности в просвете аорты. Все пациенты подписывали добровольное информированное согласие на медицинские процедуры, в том числе введение контрастного препарата и обработку данных анкетирования.

Результаты исследования и их обсуждение

В 1-й группе было выделено две подгруппы.

О предварительном подогреве контрастного препарата перед введением были проинформированы 20 пациентов из группы 1. Из них только 10 отметили снижение неприятных ощущений во время исследования, остальные 10 пациентов не заметили никаких изменений во время исследования.

Из оставшихся 15 пациентов, которые не были проинформированы о предварительном подогреве КП перед введением, 10 пациентов отмечали, что при проведении исследования болевых и неприятных ощущений было меньше, чем в предыдущих КТ-исследованиях. Остальные 5 пациентов не заметили никаких изменений (рис. 1).

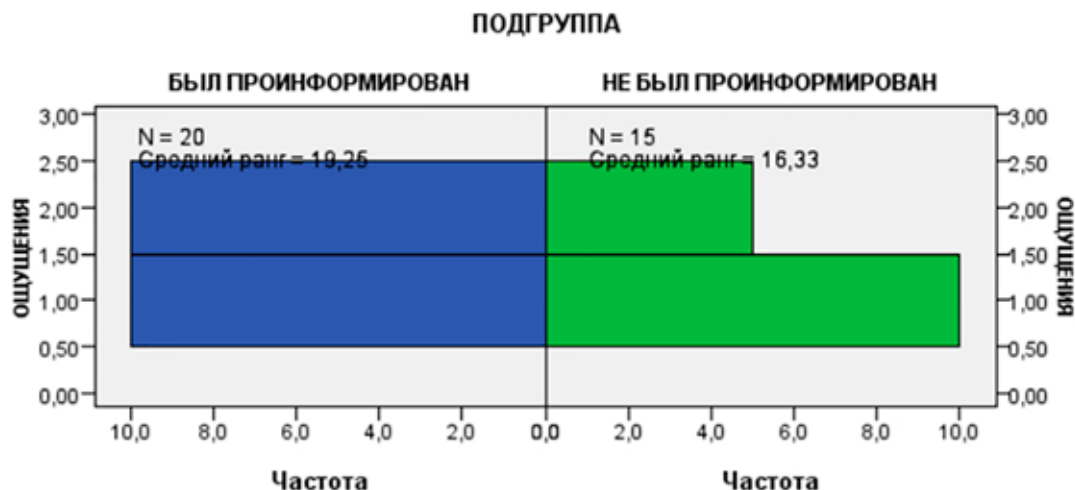


Рис. 1. Распределение оценок в подгруппах группы 1: оценка «1» – отмечены изменения в ощущениях, оценка «2» – изменений в ощущениях субъективно нет; статистически значимой разницы в результатах не выявлено, $p > 0,05$.

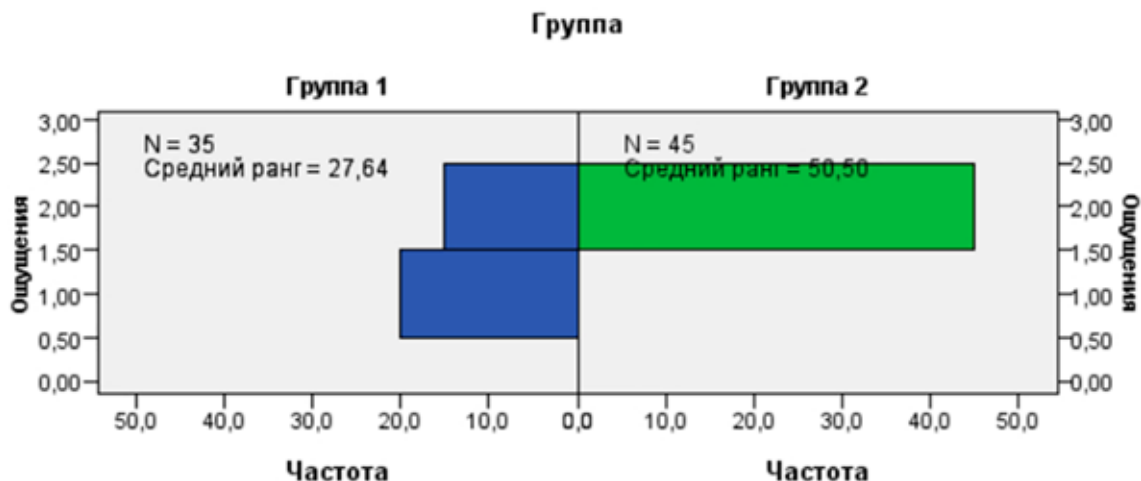


Рис. 2. Распределение оценок в группах 1 и 2: оценка «1» – отмечены изменения в ощущениях, оценка «2» – изменений в ощущениях субъективно нет; выявлена статистически значимая разница в результатах, $p < 0,01$

При сопоставлении оценок в группах 1 и 2 была обнаружена статистически значимая разница (рис. 2). Ощущения пациентов в группе 1 были менее дискомфортными, чем в группе 2.

В результате анкетирования были получены следующие отзывы.

1. Группа 1 (КП был предварительно подогрет):

– от пациентов, информированных о том, что в исследовании проводился предварительный подогрев контрастного препарата: «Непонятные ощущения по всему телу, испытывал чувство жара, которое быстро прошло, не как в прошлый раз»;

– от пациентов, не информированных о том, что исследование проводилось с подогретым контрастным препаратом: «Чувствовала приливы тепла во всем теле, которые были менее дискомфортными, чем в первый раз».

Статистически значимой разницы в результатах анкетирования между подгруппами выявлено не было, $p > 0,05$.

2. Группа 2 (предварительный подогрев КП не проводился): «Все как в прошлый раз, резкий жар в руке, плавно распространяющийся по всему телу». Из 2-й группы никто из пациентов не выражал резко положительных или резко отрицательных эмоций: «Ощущения как всегда, уже привыкли».

Усредненные показатели КТ-плотности брюшной аорты и воротной вены
в различные фазы контрастирования, в единицах Hounsfield

	Фаза контрастир.	Брюшная аорта	Воротная вена
КТ-числа при введении контрастного препарата, <i>не прошедшего подогрев</i>	Нативная	30	30
	Артериальная	365	80
	Портальная	120	140
	Отсроченная	55	80
КТ-числа при введении контрастного препарата, <i>прошедшего подогрев</i>	Нативная	30	30
	Артериальная	445	95
	Портальная	135	155
	Отсроченная	55	80

Установлено, что КТ-плотность в просвете брюшной аорты в артериальную фазу исследования достоверно выше в группе 1, в которой выполнен предварительный подогрев контрастного препарата ($p < 0,05$) (таблица). Разница в КТ-числах достигала ≈ 100 единиц Hounsfield.

Время достижения порогового уровня контрастирования (триггер) в просвете брюшной аорты перед началом сканирования в 1-й группе составило $13,9 \pm 1,7$ секунды; во 2-й группе $15,8 \pm 1,01$ секунды (рис. 3).

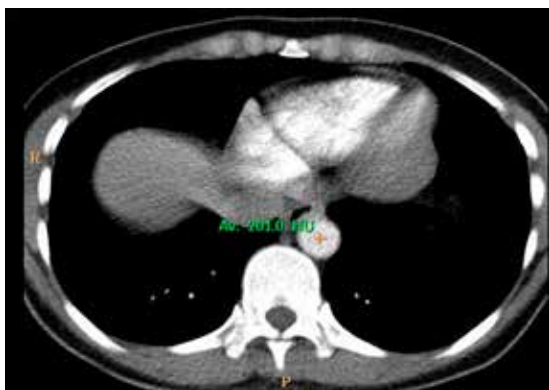


Рис. 3. МСКТ. Аксиальная проекция. Способ установки порогового уровня контрастирования в просвете грудной аорты

В литературе приведены данные сравнительного анализа использования нагретой формы контрастного препарата при его внутрисосудистом использовании [1–4]. В одной из работ авторы оценивали вязкость КП, скорость его введения и давление при введении контрастного препарата, но про ощущения пациентов (субъективный фактор) упоминали вскользь [5]. При этом не было отмечено значимой разницы между частотой возникновения побочных реакций у пациентов, получавших подогретый КИ и КП комнатной температуры, что, по мнению авторов, лишает подогрев контрастного вещества клинической практичности

с учетом трудоемкости. Однако В. Zhang и соавт. приводят прямо противоположные данные [6].

Данные последних исследований, включающих наблюдение, оценку и анкетирование сотен пациентов [7], свидетельствуют о том, что при применении термостата можно снизить вероятность возникновения болевых ощущений при введении контрастного препарата в ходе КТ-исследования, а также повысить интенсивность контрастирования просвета аорты.

Результаты нашего исследования также продемонстрировали выраженную зависимость ощущений пациентов от температуры вводимого КП. Так, в 1-й группе 57% (20 человек из 35) отметили снижение дискомфорта при проведении КТ-исследования. При этом не было выявлено существенной разницы в оценках пациентов, которые были уведомлены о подогреве КП, и пациентов, которых об этом не предупреждали. В то же время в группе 2 не было получено ни одного отзыва об изменении ощущений в сравнении с предыдущим КТ.

Преднаполненные КП колбы имеют ряд преимуществ. На наш взгляд, основное из них – низкий риск нарушения стерильности контрастного вещества. Подогревать их можно либо в термошкафу, либо используя штатное для инжектора устройство подогрева. В отличие от штатного подогревателя, имеющегося в автоматическом инжекторе, термошкаф позволяет обеспечить более однородное и адекватное нагревание контрастного вещества в преднаполненных колбах, подготовить необходимое количество преднаполненных колб с контрастным веществом при большом потоке пациентов.

Существенное значение для параметров контрастирования имеет вязкость вводимого КП. На вязкость КП непосредственно влияет концентрация йода в нем. В нашем исследовании использовался относительно высококонцентрированный КП с концентрацией йода 350 мг/мл. При этом важное значение имеет скорость ввода КП, так

как он достаточно быстро теряет температуру после извлечения из термошкафа [8]. Доказано, что подогрев КП с комнатной температуры около 20°C до 37°C способен снизить вязкость контрастного вещества до 46% [9]. Это имеет важное значение как для комфорта пациента, так и для непосредственной визуализации мелких структур, таких как небольшие артерии и вены [10].

Фактическая польза от подогрева контрастного вещества в рутинных условиях достигается именно при использовании высококонцентрированных КП, т.е. с концентрацией йода не менее 300 мг/мл. Согласно рекомендациям Американского Колледжа Радиологии, в таком случае допустимо использовать высокую скорость введения контрастного вещества (от 5 мл/сек), подогрев контрастного вещества важен для исследований сосудов (в том числе и для выявления неоангиогенеза в опухолях), где существенным параметром, влияющим на итоговое изображение, является скорость достижения пикового значения концентрации контрастного вещества в просвете сосуда [2]. Эти рекомендации представляются нам крайне актуальными для учреждений, где часто проводятся КТ-исследования сосудов и онкологических пациентов, как в нашем исследовании.

Заключение

На сегодняшний день к КТ предъявляются все более высокие требования как со стороны диагностов и клиницистов, так и со стороны пациентов. В том числе важную роль играет настрой пациента перед КТ-исследованием и в его ходе. Исследование с контрастным усилением должно проходить по возможности быстро и безболезненно. Не секрет, что многих людей пугают характерные ощущения при внутривенном введении контрастного вещества – чувство жара по всему телу. Вероятность возникновения и выраженность всех этих ощущений можно снизить, используя предварительно подогретый контрастный препарат. Стоит отметить, что оптимальным является именно подогрев контрастного препарата в специальных термошкафах, альтернативные

методы не способны обеспечить качественный и безопасный прогрев КП.

Таким образом, применение относительно простого метода подготовки способно существенно улучшить качество проведения КТ-исследования, в связи с чем мы полагаем его необходимым методологическим компонентом, используемым в работе рентгенлаборанта кабинета КТ.

Список литературы

1. Кармазановский Г.Г. Динамическая мультиспиральная КТ. Руководство для врачей лучевых диагностов. М.: Видар, 2020. 55 с.
2. ACR Manual on Contrast Media (2018). URL: https://www.acr.org/-/media/ACR/files/clinical-resources/contrast_media.pdf (дата обращения 15.04.2023).
3. Beckett K.R., Moriarity A.K., Langer J.M. Safe use of contrast media: what the radiologist needs to know // *Radiographics*. 2015. Vol. 35. № 6. P. 1738-1750.
4. Буренчев Д.В. Инструменты управления безопасностью пациентов при внутривенном введении рентгеноконтрастных средств // *Лучевая диагностика и терапия*. 2016. № 1. С. 95-98. DOI: 10.22328/2079-5343-2016-1-95-98.
5. Basharat N.F., Ranganathan K., Kang P.T., Gridley D.G., Roh A. T Effect of extrinsic warming of low-osmolality CT contrast media (iohexol 350) on extravasations and patient reaction rates: a retrospective study // *American Journal of Roentgenology*. 2022. Vol. 218. № 1. P. 174-179. DOI: 10.2214/AJR.21.26256.
6. Zhang B., Liu J., Dong Y., Guo B., Lian Z., Yu H., Luo X., Mo X., Zhang L., Huang W., Ouyang F., Li X., Liang C., Zhang S. Extrinsic warming of low-osmolality iodinated contrast media to 37 C reduced the rate of allergic-like reaction // *Allergy and Asthma Proceedings*. OceanSide Publications. 2018. Vol. 39. № 6. P. 55. DOI: 10.2500/aap.2018.39.4160.
7. Brunette J., Mongrain R., Rodés-Cabau J., Larose E., Leask R., Bertrand O.F. Comparative rheology of low- and iso-osmolality contrast agents at different temperatures. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2008. № 71(1). P. 78-83. DOI: 10.1002/ccd.2140.
8. O'Sullivan K.J., Kermavnar T., Gorski K.A., Arnous S., O'Sullivan L.W. Warmed contrast media temperature loss in traditional manifold systems during angiographic procedures // *Acta Radiologica*. 2022. Vol. 63. № 12. P. 1627-1633.
9. Kok M., Muhl C., Mingels A.A., Kietselaer B.L., Mühlenbruch G., Seehofnerova A., Wildberger J.E., Das M. Influence of contrast media viscosity and temperature on injection pressure in computed tomographic angiography: a phantom study. *Invest Radiol*. 2014. № 49(4). P. 217-23. DOI: 10.1097/RLI.000000000000019.
10. Garcia-Figueiras R., Goh V.J., Padhani A.R., Baleato-González S., Garrido M., León L., Gómez-Caamaño A. CT perfusion in oncologic imaging: a useful tool? // *American Journal of Roentgenology*. 2013. Vol. 200. № 1. P. 8-19. DOI: 10.2214/AJR.11.8476.