

МЕТОДИКА SPLIT-BOLUS ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В РЕЖИМЕ «ВСЕ ТЕЛО» У ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛОЙ СОЧЕТАННОЙ ТРАВМОЙ

Душин Д.Ю.¹, Буренчев Д.В.¹, Терновой С.К.^{2,3}

Цель исследования. Изучить возможности применения алгоритма раздельного болюса при компьютерной томографии в режиме «все тело» у пациентов с тяжелой сочетанной травмой.

Материалы и методы. Проанализированы результаты мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) с применением методики раздельного болюса у 104 пострадавших с тяжелой сочетанной травмой, находившихся на лечении в ГКБ им А.К. Ерамишанцева с 01.06.2018 г. по 31.12.2018 г. Исследование выполнялось на компьютерном томографе Aquilion Prime (Toshiba). Большинство пострадавших были мужчины 72% (n=11), средний возраст – 40,3 (18-79) лет. Причиной травмы в 89 случаях была авария, в 14 – падение с высоты более трех метров, в 1 – поездная травма.

Результаты. Анализ полученных результатов позволил выработать оптимальный алгоритм исследования у пациентов с тяжелой сочетанной травмой для одномоментного выявления травматического повреждения головы, шеи, грудной и брюшной полостей. Субъективная оценка качества изображения паренхимы и сосудов были одинаковыми в сравнении с многофазными протоколами КТ, применяемыми при тяжелой травме. Использование методики раздельного болюса позволило во всех случаях снизить дозу ионизирующего излучения на пациента.

Заключение. Для оптимизации диагностического алгоритма у пациентов с тяжелой сочетанной травмой, а также с целью уменьшения лучевой нагрузки на пациента, целесообразно проводить КТ-исследование в режиме «все тело» с применением методики раздельного болюса.

Ключевые слова: тяжелая сочетанная травма, компьютерная томография в режиме «все-тело», раздельный болюс.

Контактный автор: Душин Д.Ю., e-mail: daniil.dyshin@gmail.com

Для цитирования: Душин Д.Ю., Буренчев Д.В., Терновой С.К. Методика split-bolus при проведении мультиспиральной компьютерной томографии в режиме «все тело» у пациентов с тяжелой сочетанной травмой. REJR 2019; 9(2):295-300. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-295-300.

Статья получена: 01.05.19

Статья принята: 14.06.19

SPLIT-BOLUS TECHNIQUE FOR MULTISPICAL COMPUTER TOMOGRAPHY IN THE "WHOLE BODY" MODE IN PATIENTS WITH SEVERE COMBINED TRAUMA

Dushin D.Yu.¹, Burenchev D.V.¹, Ternovoy S.K.^{2,3}

Purpose. Show the capabilities of the scanning algorithm using the split-bolus technique in the “whole-body” (WBCT) mode in patients with severe combined trauma.

Materials and methods. The results of multislice computed tomography (MSCT) were analyzed using a split-bolus technique in 104 patients with severe combined trauma who were treated in the GKB. A.K. Yeramishantseva from 06/01/2018 through 12/31/2018. The study was performed on a CT scanner Aquilion Prime (Toshiba). Most of the injured patients were men 72% (n = 11), average age 40.3 (18-79) years. In 89 cases, trauma was caused by a car accident, in 14 cases it was a fall from a height of more than three meters, in one case there was a train injury.

1 - ГБУЗ «ГКБ им. А.К. Ерамишанцева ДЗМ».
2 - ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет).
3 - ФГБУ «НМИЦ Кардиологии» Минздрава России.
г. Москва, Россия.

1 - A.K. Eramishantseva City Clinical Hospital.
2 - I.M. Sechenov First Moscow State Medical University.
3 - National medical research center of cardiology.
Moscow, Russia.

Results. The study made it possible to choose the optimal scanning algorithm in patients with severe combined trauma for simultaneous detection of injury to the head and neck, chest and abdomen. The image quality of the parenchyma and blood vessels, as well as the subjective assessment of image quality, were equal compared with CT protocols of multi-phase trauma. The use of the separate bolus technique allowed in all cases to reduce the dose of ionizing radiation on patient.

Conclusions. To optimize diagnostic algorithm in patients with severe concomitant injury, as well as to reduce patient radiation exposure, it is advisable to carry out a computer-tomographic study in the "whole body" mode using the split-bolus technique.

Keywords: severe combined trauma, "whole-body" computed tomography, split-bolus.

Corresponding author: Dushin D.Yu., e-mail: daniil.dyshin@gmail.com

For citation: Dushin D.Yu., Burenchev D.V., Ternovoy S.K.. Split-bolus technique for multispiral computer tomography in the "whole body" mode in patients with severe combined trauma. REJR 2019; 9(2):295-300. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-295-300.

Received: 01.05.19

Accepted: 14.06.19

Основополагающим моментом организации помощи пострадавшим с тяжелой сочетанной травмой (ТСТ) является оперативность и комплексная оценка тяжести состояния пациента. Такая методика, как ургентная сонография, выполняющаяся по протоколу e-FAST (focused assessment with sonography for trauma), имеет ограничения в виде низкой чувствительности для визуализации скопления свободной крови менее чем 400 мл, а также точного определения степени тяжести повреждения и демонстрирующие отрицательные прогностические значения только у 50-63% нестабильных пациентов [1-3]. В Руководстве The Royal College of Radiologists (RCR) для пациента с тяжелыми травмами (2010 г.) говорится, что FAST не предоставляет никакой дополнительной информации к той, которая получена с помощью компьютерной томографии, и ее не следует выполнять, если она задержит транспортировку пациента на проведение КТ-исследования. Учитывая, что МСКТ обеспечивает быструю и полную диагностику травматических повреждений всех анатомических областей, методика становится первичным неинвазивным диагностическим методом при экстренном ведении пациентов с политравмой [4-8]. Вследствие этого, при травмах всего тела также наблюдается увеличение применения данного диагностического метода [9, 10]. По данным различных авторов, средняя доза, полученная пациентом при применении методики WBCT, варьируется от 35 до 49 мЗв [11, 12]. Основным направлением в усовершенствовании протокола сканирования является снижение дозы облучения, так как самая высокая частота травматизации встречается у людей молодого возраста, которые подвергаются большому повреждающему фактору и риску

патологического воздействия ионизирующего излучения [13]. Однако стремясь уменьшить дозу облучения, важно, чтобы новая методика сканирования, предложенная вместо традиционных или многофазных протоколов, гарантировала, что точность диагностики травматических повреждений, по крайней мере, будет им эквивалентна.

Авторы из RCR при ведении детей с политравмой придерживаются основного критерия «настолько низко, насколько это возможно» ('as low as reasonably achievable' - ALARA), предлагая свою методику проведения КТ-исследования с применением техники «split-bolus» [14]. Учитывая конституционные особенности взрослого человека, педиатрический протокол сканирования не полностью соответствует желаемым результатам визуализации. Примером использования данного протокола, при котором пациенту вводится два последовательных болюса объемом 100 мл и 50 мл, является наше наблюдение пациента В., 43 лет (рис. 1). Пациент поступил в больницу после дорожно-транспортного происшествия (ДТП). Доставлен бригадой скорой медицинской помощи в реанимационный зал приемного отделения в тяжелом состоянии, на щите, дыхание самостоятельное, уровень сознания – умеренное оглушение. Травматические изменения со стороны паренхиматозных органов брюшной полости выявляются, однако плотностные характеристики контрастного вещества в просвете аорты ниже плотности контрастирования верхней брыжечной и воротной вен.

Мы использовали методику КТ-раздельного болюса всего тела (WBCT split-bolus), при которой одномоментному сканированию грудной клетки, брюшной полости и малому тазу предшествует первая часть болюса, а

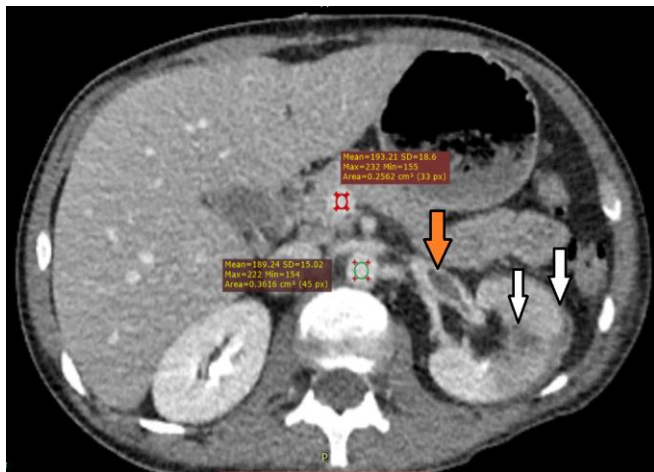


Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. КТ органов брюшной полости с КУ, аксиальная плоскость.

Пациент В., 43 год. Плотность контрастирования брюшного отдела аорты 189 ед. Н, плотность контрастирования верхней брыжеечной вены – 193 ед. Н. Интенсивность контрастирования позволяет визуализировать тромбоз кровяным сгустком в просвете левой почечной вены (оранжевая стрелка). Определяются участки разрывов и подкапсулярная гематома левой почки (белые стрелки).

Fig. 1. Computed tomography, patient V., 43 years old.

The contrast density of the abdominal aorta is 189 Hounsfield units (HU) the density of the superior mesenteric vein 193(HU). The intensity of the contrast allows visualization of a blood clot in the lumen of the left renal vein (orange arrow). Areas of laceration and subcapsular hematoma of the left kidney (white arrows) are determined.

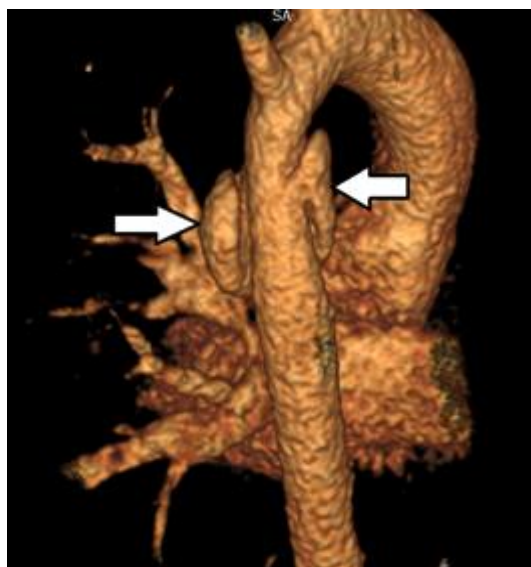


Рис. 2 а (Fig. 2 а)

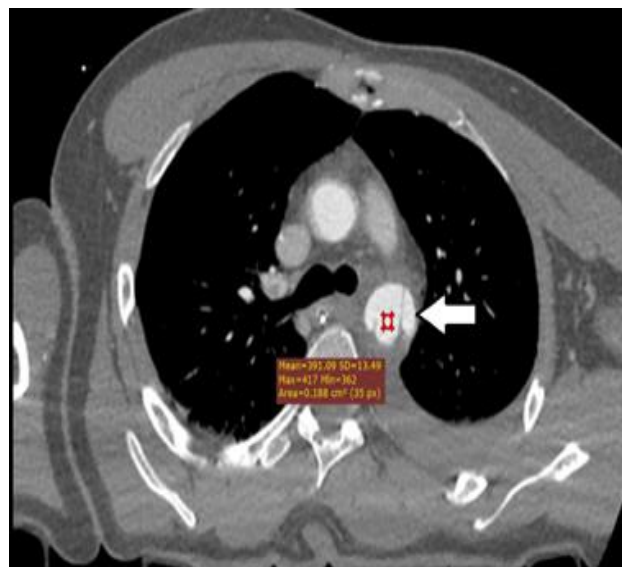


Рис. 2 б (Fig. 2 б)

Рис. 2. КТ органов грудной полости с КУ.

а – 3D-реконструкция, б – аксиальная плоскость. Пациент Н., 35 лет, тяжелая сочетанная травма, полученная вследствие падения с высоты 7 этажа. Определяется травматическая диссекция нисходящего отдела грудной аорты с формированием интрамуральной гематомы (белые стрелки). Плотность контрастного вещества в аорте – 391 ед. Н.

Fig. 2. MSCT, chest, contrast enhancement.

Patient N., 35 years old, severe combined injury resulting from a fall from a height of 7 floors. The traumatic dissection of the descending thoracic aorta is determined, with the formation of an intramural hematoma (white arrows). The density of the contrast agent in the aorta is 391(HU).

вторая, с задержкой по времени, вводится во время сканирования. Такая схема позволяет при сканировании получить одновременную качественную визуализацию артериальной и портальной фаз (и, в части случаев, экскреторной фазы).

Методика исследования.

Методика раздельного болюса в режиме «все тело» была выполнена на мультиспиральном компьютерном томографе Aquilion Prime (Toshiba). Исследование проводилось в положении лежа на спине, при возможности голова

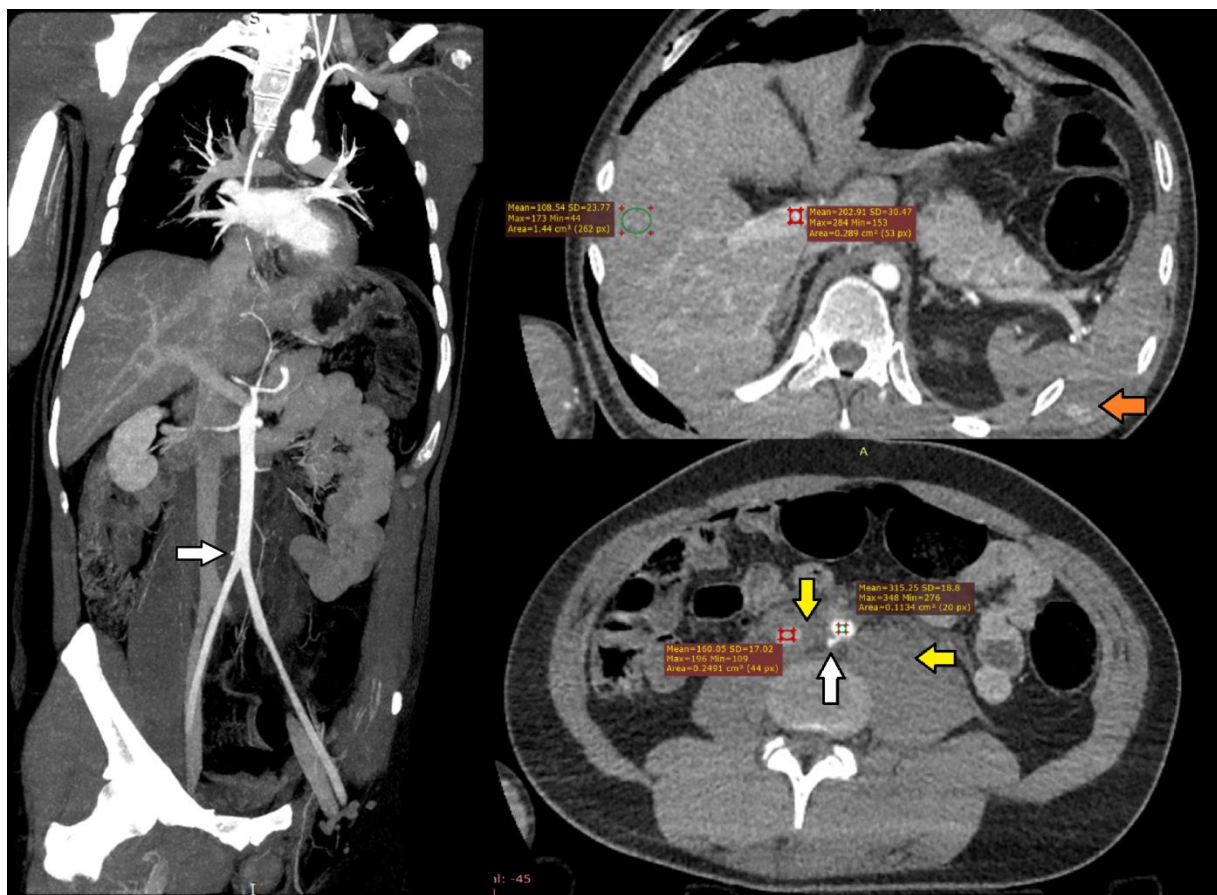


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. КТ с КУ.

а – Мультипланарная реконструкция, б, в – аксиальная плоскость. Тот же пациент. Определяется разрыв селезенки (оранжевая стрелка), участок разрыва задней стенки брюшного отдела аорты с экстравазацией контрастного вещества (белые стрелки) и формированием забрюшинной гематомы (желтые стрелки). Плотность контрастного вещества в брюшном отделе аорты – 315 ед. Н, в воротной вене – 202 ед. Н, в нижней полой вене – 160 ед. Н. Плотность контрастируемой паренхимы печени – 108 ед. Н.

Fig. 3. MSCT, contrast enhancement.

In the same patient, the rupture of the spleen (orange arrow), the site of rupture of the posterior wall of the abdominal aorta with extravasation of the contrast agent (white arrows), and the formation of retroperitoneal hematomas (yellow arrows) are determined. The density of the contrast agent in the abdominal aorta is 315 (HU), in the portal vein 202 (HU), in the inferior vena cava 160 (HU). The density of the contrasting liver parenchyma 108 (HU).

фиксировалась в специальной подставке, руки поднимались за голову. При тяжелом состоянии пострадавшего КТ-исследование выполняли на щите, на котором пациент доставлялся с кабинет КТ, фиксацию головы и рук при этом не осуществляли. В связи с тяжелым и потенциально опасным для жизни пациента состоянием, введение контрастного препарата выполнялось без проведения дополнительного обследования уровня креатинина крови и сбора аллергологического анамнеза. С целью минимизации рисков нежелательных реакций на введение контрастного препарата использовали неионное изоосмолярное РКС (йодиксанол – Визипак 320). Кроме того, пациенты находились под наблюдением реаниматолога в связи с основным па-

тологическим состоянием, что предполагало возможность немедленного купирования нежелательных реакций в случае их возникновения.

На рабочей консоли томографа выбирали протокол «Whole Body». Для разметки области исследования выбирали топограмму, которую начинали на 1 см выше верхней пластинки свода черепа и заканчивали на 1 см каудальнее нижнего края лобкового симфиза. Зона исследования составляла около 100 см.

Первично проводилось бесконтрастное исследование «голова+шея» с параметрами сканирования: напряжение на трубке (Tube voltage) – kV 100, ток на трубке (Tube current) – mA 320, коллимация (Collimation) – 64x0.6 mm, толщина среза (Slice thickness) – 1.2 mm, время враще-

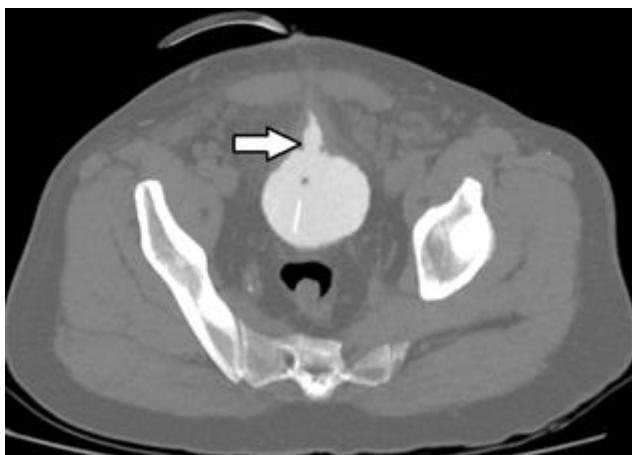


Рис. 4 а (Fig. 4 а)



Рис. 4 б (Fig. 4 б)

Рис. 4. КТ с КУ.

Ретроградное введение контрастного вещества. Определяется разрыв передней стенки мочевого пузыря (белые стрелки) и излитие контрастного вещества в предбрюшинную клетчатку (оранжевая стрелка).

Fig. 4. MSCT, contrast enhancement.

In a patient with retrograde infusion of a contrast agent, the gap of the anterior wall of the bladder (white arrows) is determined, and the outflowing of the contrast agent into the preperitoneal tissue (orange arrow).

ния (Time of rotation) – 0,28.

Исследование сосудов головы и шеи, а также органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза проводилось одновременно и с введением йод-контрастного препарата (йодиксанол 320 – 150 мл) без проведения нативного исследования, с параметрами сканирования: напряжение на трубке (Tube voltage) – kV 120, ток на трубке (Tube current) – в зависимости от габаритов пациента, коллимация (Collimation) – 64x0.6 mm, толщина среза (Slice thickness) – 2.5 mm, время вращения (Time of rotation) – 0,28. Область сканирования начиналась от височных костей (для захвата Виллизиева круга) и до уровня верхней трети бедренных костей, с полным захватом костей таза. Первая часть контрастного вещества вводилась объемом 80 мл, со скоростью 1,6 мл/с. Далее следовала фиксированная задержка в 15 секунд, после которой вливалось 70 мл контрастного вещества со скоростью 3.5 мл/с. Отслеживание болюса (Bolus tracking) проводилось только после введения второго объема контрастного препарата, на нисходящей части грудной аорты, пороговые значения болюса (Threshold trigger) – 100 HU. Сканирование начинается на 75 с от начала введения контрастного вещества. По нашим данным средняя лучевая нагрузка на пациента составляла 19-25 мЗв, что меньше стандартных четырехфазных протоколов исследования брюшной полости до 35%. Данный протокол позволяет улучшить ин-

тенсивность контрастирования аорты и венозной системы без потери качества визуализации поврежденных паренхиматозных органов (рис. 2, 3).

Экскреторная фаза делалась только в случае подозрения на повреждение мочевыделительной системы (ЧЛС, мочеточников и мочевого пузыря). При подозрении на повреждение мочевого пузыря или устьев мочеточников вводили водорастворимый контрастный препарат через катетер ретроградно (рис. 4).

Заключение.

Измерения паренхиматозного и сосудистого контрастного усиления, а также субъективная оценка качества изображения протокола «все тело» в режиме раздельного болюса, эквивалентны стандартным многофазным протоколам для диагностики травматических повреждений. Методика split-bolus показывает значительное уменьшение дозы облучения по сравнению с многофазными протоколами. Необходимы дальнейшие исследования для определения рекомендуемых объемов болюсного контрастного препарата и продолжительности его введения.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

References:

1. Friese RS, Malekzadeh S, Shafi S, Gentilello LM, Starr A. Abdominal ultrasound is an unreliable modality for the detection of hemoperitoneum in patients with pelvic fracture. *J Trauma* 2007; 63: 97-102.
2. Tayal VS, Nielsen A, Jones AE, Thomason MH, Kellam J, Norton HJ. Accuracy of trauma ultrasound in major pelvic injury. *Trauma*. 2006; 1: 1453-1457.
3. Mehrzad H, Jones RG, McCafferty IJ, Magnat K. Imaging in abdominal trauma. *Trauma*. 2014;16(4):269-278. doi:10.1177/1460408614548006.
4. Prospective randomized trial of a modified standard multislice CT protocol for the evaluation of multiple trauma patients. Heyer CM et al. *Rofo*. 2005; 177 (2): 242-9
5. Sixty-four multi-detector row computed tomography in multi-trauma patient imaging: early experience. Anderson SW et al. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2006; 35 (5): 188-983.
6. Whole body imaging in blunt multisystem trauma patients without obvious signs of injury: results of a prospective study. Salim A et al. *Arch Surg*. 2006; 141 (5): 468-73; discussion 473-5
7. Computed tomography whole body imaging in multi-trauma: 7 years experience. Sampson MA et al. *Clin Radiol*. 2006; 61 (4): 365-9.
8. Wedegartner U et al. Diagnostic imaging in polytrauma: comparison of radiation exposure from whole-body MSCT and conventional radiography with organ-specific CT. *Rofo*. 2004; 176 (7): 1039-44
9. Whole-Body CT in Haemodynamically Unstable Severely Injured Patients – A Retrospective, Multicentre Study. Stefan Huber-Wagner, Peter Biberthaler, Sandra Häberle, Matthias Wierer, Martin Dobritz, Ernst Rummeny, Martijn van Griensven, Karl-Georg Kanz, Rolf Lefering, the TraumaRegister DGU. 2013 doi.org/10.1371/journal.pone.0068880
10. A multicenter, randomized controlled trial of immediate total-body CT scanning in trauma patients (REACT-2). Joanne C SierinkEmail author, Teun Peter Saltzherr, Ludo FM Beenen, Jan SK Luitse, Markus W Hollmann, Johannes B Reitsma, Michael JR Edwards, Joachim Hohmann, Benn JA Beuker, Peter Patka, James W Suliburk, Marcel GW Dijkgraaf, J Carel Goslings and the REACT-2 study group. *BMC Emergency Medicine*2012;4 doi.org/10.1186/1471-227X-12-4
11. Deunk J, Brink M, Dekker H.M., Kool D.R., Blickman JG, Van Vugt AB, Edwards MJ. Routine versus selective computed tomography of the abdomen, pelvis, and lumbar spine in blunt trauma: a prospective evaluation. *Journal of Trauma*. 2009; 66 (4):1108–1117 DOI 10.1097/TA.0b013e31817e55c3.
12. Reske SU, Braunschweig R, Reske AW et al. Whole-Body CT in Multiple Trauma Patients: Clinically Adapted Usage of Differently Weighted CT Protocols. *Fortschr Röntgenstr*. 2018; 190: 1141-1151.
13. Leading causes of death by age group united states (2014). National Center for Injury Prevention and Control, CDC using Web-based Injury Statistics Query Reporting System (WISQARS).
14. The Royal College of Radiologists. Paediatric trauma protocols. London: The Royal College of Radiologists. BFCR. 2014; (14) 8. The Royal College of Radiologists.