

УДК 616.37-002.1-089

Автор заявил об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-1-69-73>

ПЕРФУЗИОННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ. ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРФУЗИИ В ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЕ В НОРМЕ

М. Я. Беликова

Госпиталь для ветеранов войн, Санкт-Петербург, Россия

© М. Я. Беликова, 2019 г.

Цель исследования: оптимизация методики и изучение возможностей перфузионной компьютерной томографии (ПКТ) в оценке функционального состояния паренхимы поджелудочной железы в норме. ПКТ проведена 30 пациентам с отсутствием анамнеза и клинико-лабораторных данных, свидетельствующих о наличии заболевания поджелудочной железы, проходивших обследование по поводу других патологических состояний. С помощью стандартного протокола и метода деконволюции выполнена количественная оценка средних показателей перфузии в головке, теле и хвосте поджелудочной железы, качественный анализ состояния ее паренхимы на цветных параметрических картах. Поджелудочная железа является органом с высокими средними показателями скорости кровотока ($BF\ 136 \pm 6,74$ мл/100 г/мин), объема кровотока ($BF\ 16,6 \pm 0,67$ мл/100 г/мин), характеризуется ярким красным окрашиванием на соответствующих параметрических картах. Для поджелудочной железы характерны средние значения показателей среднего времени прохождения контрастного вещества (МТТ $10,25 \pm 0,47$ с) и времени достижения максимальной плотности в ткани (ТТР $17,3 \pm 0,6$ с), зеленое окрашивание паренхимы на соответствующих параметрических картах, низкая проницаемость стенок капилляров (PS $3,5 \pm 0,72$ мл/100 г/мин) и синее окрашивание на карте проницаемости. Статистически достоверной разницы в средних значениях показателей перфузии в головке, теле и хвосте поджелудочной железы и зависимости показателей перфузии от возраста пациентов не выявлено. **Заключение:** ПКТ является информативным методом количественной и качественной оценки перфузии в паренхиме поджелудочной железы.

Ключевые слова: перфузионная компьютерная томография, поджелудочная железа, показатели перфузии в паренхиме поджелудочной железы в норме

PERFUSION COMPUTER TOMOGRAPHY OF THE PANCREAS. RESEARCH TECHNIQUE. PERFUSION INDICATORS IN THE NORMAL

M. Ya. Belikova

Hospital for War Veterans, St. Petersburg, Russia

Purpose of the study: optimization of the technique and study of the possibilities of perfusion computed tomography (PCT) in assessing the functional state of the pancreatic parenchyma in normal conditions. **Materials and methods.** PCT was performed in 30 patients with a lack of history and clinical and laboratory data indicating the presence of pancreatic disease, which were examined for other pathological conditions. Using the standard protocol and the deconvolution method, a quantitative assessment of the average perfusion indices in the head, body and tail of the pancreas was performed, and a qualitative analysis of the state of its parenchyma on color parametric maps. **Results.** The pancreas is an organ with high blood flow rates ($BF\ 136 \pm 6,74$ ml/100 g/min), blood volume ($BF\ 16,6 \pm 0,67$ ml/100 g/min), characterized by bright red staining on the corresponding parametric maps. The pancreas is characterized by average values of the average transit time of the contrast agent (МТТ $10,25 \pm 0,47$ s) and the time to maximum tissue density (ТТР $17,3 \pm 0,6$ s), green parenchyma staining on the corresponding parametric maps, low permeability of the capillary walls (PS $3,5 \pm 0,72$ ml/100 g/min) and blue staining on the permeability map. No statistically significant difference in the average values of perfusion indices in the head, body and tail of the pancreas and the dependence of perfusion parameters on the age of the patients was revealed. **Conclusion** PCT is an informative method of quantitative and qualitative assessment of the functional state of the pancreatic parenchyma.

Key words: perfusion computed tomography, pancreas, perfusion indices in the parenchyma of the pancreas are normal

Для цитирования: Беликова М.Я. Перфузионная компьютерная томография поджелудочной железы. Методика исследования. Показатели перфузии в поджелудочной железе в норме // *Лучевая диагностика и терапия*. 2019. № 1. С. 69–73, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-1-69-73>.

Введение. Перфузия — это поток крови через единицу объема ткани в единицу времени, направленный на обеспечение ее питательными веществами и удаление продуктов обмена. Перфузионная компьютерная томография (ПКТ) путем динамического сканирования в выбранной зоне интереса позволяет отследить движение контрастного препарата по артериям, капиллярному руслу и венам и на основании изменения плотности во времени с помощью специальных математических алгоритмов рассчитать числовые значения показателей тканевой перфузии.

Методика ПКТ была разработана еще в 80-х годах XX века, первые результаты КТ-перфузии печени в зарубежной литературе появились в начале 90-х годов. Однако слабые возможности математической обработки данных, невысокая разрешающая способность компьютерных томографов не способствовали широкому внедрению этого метода в клиническую практику [2]. С появлением спиральных компьютерных томографов (СКТ) и специализированных пакетов математической обработки, началось активное изучение и внедрение ПКТ в клиническую практику у пациентов с ишемическими инсультами и новообразованиями головного мозга.

В последнее время появились единичные работы в отечественной литературе и немногочисленные в зарубежной литературе [2, 3], посвященные оценке перфузии печени и поджелудочной железы (ПЖ) в норме и при отдельных патологических состояниях. Практически все авторы указывают на отсутствие единого протокола сканирования и множество математических моделей расчета показателей перфузии у разных производителей, что не позволяет на настоящий момент выделить стандартизированные критерии и требует дальнейших исследований с участием более крупных когорт пациентов [4, 5].

Цель: оптимизировать методику ПКТ поджелудочной железы и оценить показатели перфузии в ПЖ в норме.

Материалы и методы. Перфузионная КТ выполнена 30 пациентам в возрасте от 24 до 88 лет (средний возраст 68 лет) с отсутствием анамнестических и клиничко-лабораторных данных о заболеваниях ПЖ, проходивших обследование по поводу других патологических состояний. Исследования проведены на компьютерном томографе GE 64 Optima 660. Протокол включал нативное исследование, КТ-перфузию с болюсным внутривенным введением 40 мл йодсодержащего контрастного вещества и динамическим сканированием на уровне ПЖ в течение 60 с. Постпроцессорная обработка данных проведена на рабочей станции Advantage Workstation VS5 с использованием программного пакета CT Perfusion 4D Multi-Organ. Статистическая обработка данных проведена с применением многомерных статистических методов.

Методика ПКТ поджелудочной железы и обработка данных. Все исследования выполнены в пла-

новом порядке натощак при негативном пероральном контрастировании верхних отделов желудочно-кишечного тракта 500 мл воды за 20 минут до начала исследования.

С целью уменьшения артефактов дыхательной нерезкости во время динамического сканирования для ограничения подвижности передней брюшной стенки выполнялась ее компрессия эластичным поясом. Перед исследованием проводился инструктаж пациента о необходимости во время исследования ровно и поверхностно дышать.

Нативное сканирование брюшной полости выполнялось на вдохе от уровня реберно-диафрагмальных синусов до середины крыльев подвздошных костей. По полученным изображениям выбиралась зона интереса таким образом, чтобы ПЖ находилась в центре рамки сканирования, а в зону исследования максимально попадали элементы гепатодуоденальной связки и магистральные сосуды. Далее в выбранной зоне после внутривенного болюсного введения йодсодержащего контрастного вещества выполнялись серии непрерывных динамических сканирований в течение 60 с.

Сканирование проводилось при следующих параметрах: тип сканирования axial-S Full; напряжение на трубке 80 кВ, сила тока 220 мА, скорость вращения трубки 1 с, ширина зоны сканирования 80 мм, толщина среза 5 мм, интервал реконструкции 5 мм, матрица 512×512, общее время сканирования 60 с.

Полученные изображения обрабатывались на рабочей станции Advantage Workstation VS5 с применением специального программного пакета CT Perfusion 4D Multi-Organ.

По изображениям в первой серии сканирования, не содержащим контрастного вещества, программой определялся базовый уровень плотности. Для расчета показателей перфузии в ПЖ в качестве афферентного сосуда выбиралась брюшная аорта, в просвете которой посредством метки ROI оценивалось изменение плотности контрастного вещества во времени с автоматическим построением графика зависимости «время-плотность». Относительно полученных значений плотности в афферентной артерии и базовой плотности программой строился график зависимости «время-плотность» в зоне интереса (рис. 1), автоматически рассчитывались показатели перфузии с построением цветных параметрических карт.

Для количественной оценки кровотока в ПЖ рассчитывались следующие показатели перфузии: скорость кровотока (BF — blood-flow, мл/100 г/мин), объемный кровоток (BV — blood-volume, мл/100 г), среднее время прохождения контрастного вещества (MTT — mean transit time, с), время достижения максимальной плотности в ткани (время пика, TTP — time to peak, с) и показатель проницаемости стенки капилляров в интерстициальной фазе (PS, мл/100 г/мин). Показатель времени достижения

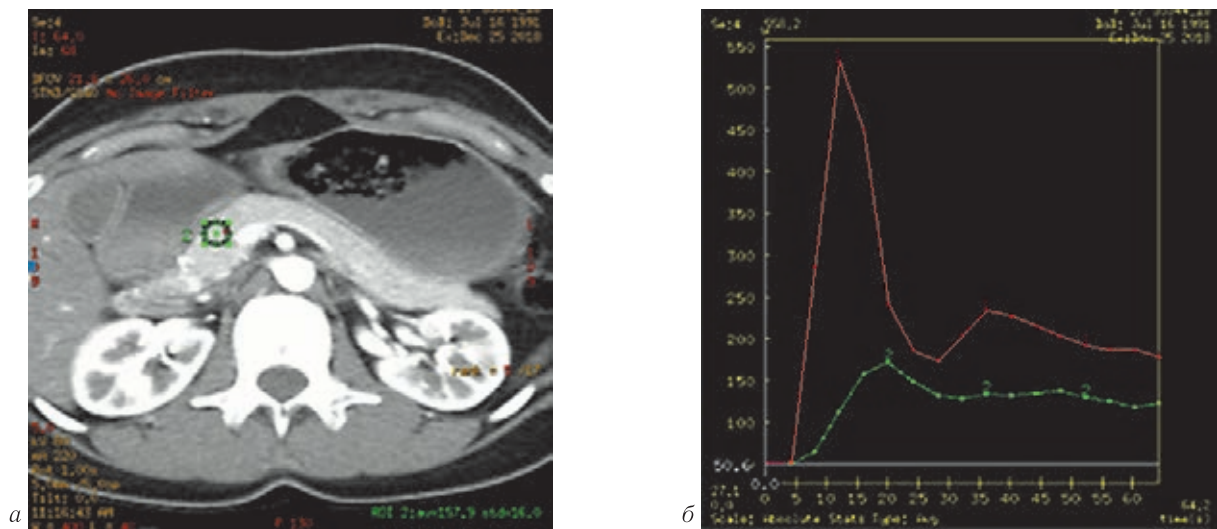


Рис. 1. ПКТ, аксиальная проекция. ROI 2 в паренхиме головки ПЖ (а); б — графики зависимости «время-плотность» в брюшной аорте (обозначен красным цветом), в паренхиме головки ПЖ (зеленым цветом). Кривая зависимости «время-плотность» в паренхиме ПЖ характеризовалась появлением пика на 20 с, постепенным снижением плотности с формированием плато на протяжении последующих 40 с

максимальной плотности в ткани (время пика, TTP — time to peak) рассчитывался с помощью стандартного математического алгоритма, для расчета остальных показателей использовался метод деконволюции. Стандартный однокамерный анализ (основан на методе максимального наклона) учитывает кривизну наклона кривой «время — плотность» во время поступления контрастного вещества в ткани и представляет данные, основанные только на внутрисосудистом прохождении контрастного вещества. Метод деконволюции характеризует не только внутрисосудистое, но и внесосудистое пространство. В основе метода лежит конволюционная модель, которая учитывает, что для достижения максимальной плотности необходимо время. В основе расчетов лежит определение задержки поступления контрастного вещества в секундах (IRFT0), которое обозначает начало усиления ткани относительно артерии. Метод «восстанавливает из свертки» кривую плотности в артерии из кривой плотности в каждом вокселе ткани для вычисления остаточной импульсной функции (IRF), на основании которой рассчитываются все остальные показатели перфузии.

Рассчитанные показатели перфузии выводились в виде таблицы абсолютных числовых значений (рис. 2).

Значения показателей перфузии в поджелудочной железе в норме. Статистически достоверных различий средних показателей перфузии в головке, теле и хвосте поджелудочной железы и зависимости показателей перфузии от возраста пациентов выявлено не было. Средние значения показателей перфузии в ПЖ отражены в таблице.

Поджелудочная железа характеризовалась высокими значениями показателей скорости и объема кровотока, что свидетельствует о высокой васкуляризации органа и на соответствующих цветных пара-

Blood Flow ▼
Ave: 151.9
Average ▼
Ave: 100.1
Base ▼
Ave: 54.79
Time To Peak ▼
Ave: 14.22
Positive Enh. Integral ▼
Ave: 0.317
Mean Slope of Increase ▼
Ave: 6.431
Blood Volume ▼
Ave: 14.81
Mean Transit Time ▼
Ave: 6.104
IRFT0 ▼
Ave: 0.586
TMax ▼
Ave: 4.097
PS ▼
Ave: 0.0998

Рис. 2. Сводная таблица числовых значений показателей перфузии в точке интереса — головке ПЖ (ROI 2)

метрических картах отражалось в виде интенсивного красного окрашивания ее паренхимы (рис. 3). На картах среднего времени прохождения контрастного вещества и времени достижения максимальной плотности в ткани паренхима ПЖ в норме характе-

Средние показатели перфузии в поджелудочной железе в норме

Показатели перфузии, единицы измерения	Средние значения
Скорость кровотока (BF), мл/100 г/мин	$136 \pm 6,74$
Объем кровотока (BV), мл/100 г	$16,6 \pm 0,67$
Время достижения максимальной плотности в ткани (время пика, TTP), с	$17,3 \pm 0,6$
Среднее время прохождения контрастного вещества (MTT), с	$10,25 \pm 0,47$
Показатель проницаемости (PS), мл/100 г/мин	$3,5 \pm 0,72$

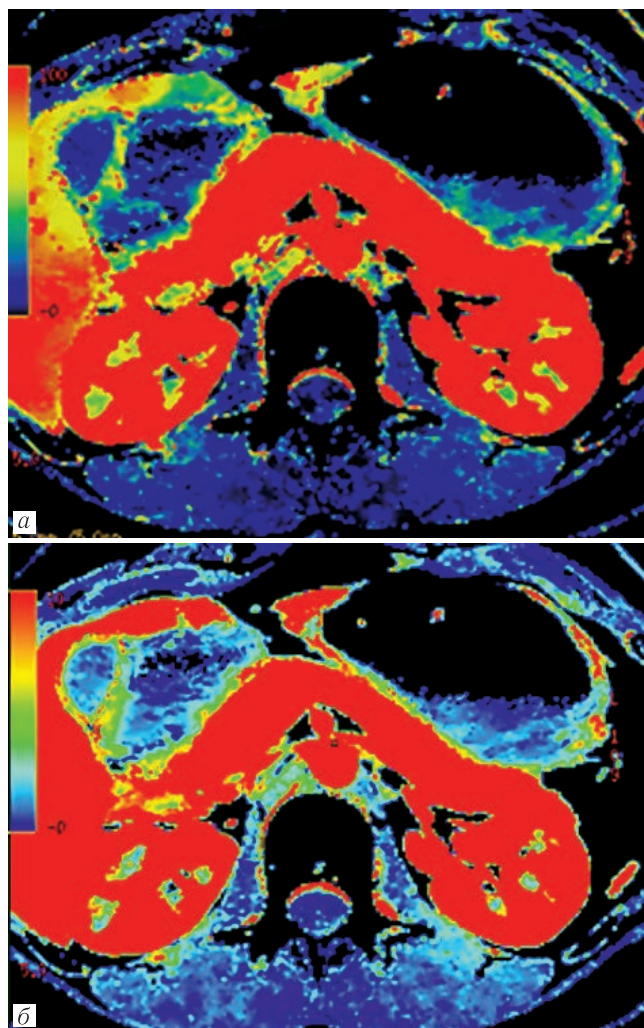


Рис. 3. ПКТ. Цветные параметрические карты скорости кровотока (а), объема кровотока (б). Паренхима ПЖ в норме характеризуется равномерным красным окрашиванием

ризовалась равномерным зеленым окрашиванием (рис. 4). Свойственный паренхиме ПЖ в норме низкий показатель проницаемости стенок капилляров отражался синим окрашиванием паренхимы на соответствующей параметрической карте (рис. 5).

Заключение. Перфузионная компьютерная томография является быстрым и неинвазивным методом исследования, позволяющим путем расчета показателей перфузии получить количественное, а с помощью цветных параметрических карт — качественное представление о функциональном состоянии поджелудочной железы.

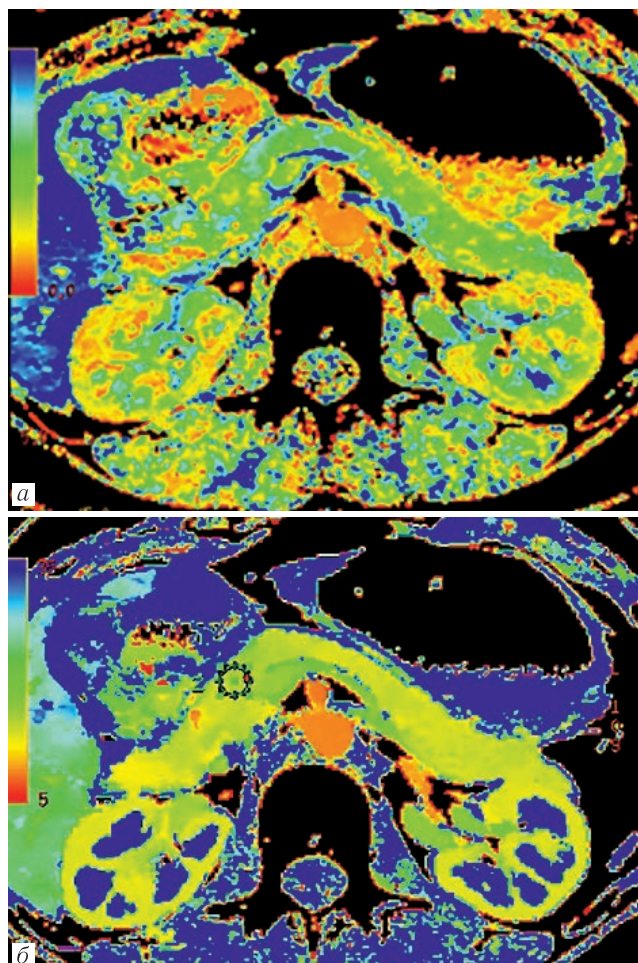


Рис. 4. ПКТ. Цветные параметрические карты среднего времени прохождения КВ (а), времени до достижения пика (б) в норме. Паренхима ПЖ характеризуется равномерным зеленым окрашиванием

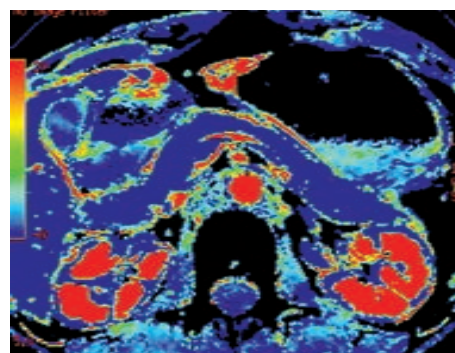


Рис. 5. ПКТ. Цветная параметрическая карта проницаемости стенок капилляров поджелудочной железы в интерстициальную фазу в норме. Паренхима ПЖ характеризуется равномерным окрашиванием синим цветом

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Кармазановский Г.Г. Опухоли поджелудочной железы солидной структуры: протоколы лучевых исследований, дифференциальная диагностика // *Медицинская визуализация*. 2016. № 4. С. 54–63. [Karmazanovskij G.G. Opuholi podzheludochnoj zhelezy solidnoj struktury: protokoly lucheovyh issledovanij, differencial'naya diagnostika. *Medicinskaya vizualizaciya*, 2016, No 4, pp. 54–63. (In Russ.)].
2. Долгушин М.Б., Тулин П.Е., Оджарова А.А., Мещерякова Н.А., Невзоров Д.И., Патютко Ю.И., Долгушин Б.И. КТ-перфузия в дифференциальной диагностике опухолей печени // *Медицинская визуализация*. 2015. № 5. С. 18–31. [Dolgushin M.B., Tulin P.E., Odzharova A.A., Meshcheryakova N.A., Nevzorov D.I., Patyutko Yu.I., Dolgushin B.I. KT-perfuziya v differencial'noj diagnostike opuholej pecheni. *Medicinskaya vizualizaciya*, 2015, No 5, pp. 18–31 (In Russ.)].
3. Xie Q., Tang Y. et al. Whole-Organ CT Perfusion of the pancreas: Impact of Iterative Reconstruction on Image Quality, Perfusion Parameters and Radiation Dose in 256-Slice CT-Preliminary Findings // *PLoS ONE*. 2013. Vol. 8 (11). P. 1–8.
4. Нестерук Я.И. КТ-перфузия при опухолях поджелудочной железы // *Медицинская визуализация*. 2015. № 3. С. 57–67. [Nesteryuk Ya.I. KT-perfuziya pri opuholyah podzheludochnoj zhelezy. *Medicinskaya vizualizaciya*, 2015, No 3, pp. 57–67. (In Russ.)].
5. Нестеров Д.В., Розенгауз Е.В. Динамическая компьютерная томография у больных раком поджелудочной железы. Оценка перфузии в опухоли и в паренхиме железы вне ее // *Медицинская визуализация*. 2014. № 2. С. 68–74. [Nesterov D.V., Rozengauz E.V. Dinamicheskaya komp'yuternaya tomografiya u bol'nyh rakom podzheludochnoj zhelezy. Ocenka perfuzii v opuholi i v parenhime zhelezy вне ee. *Medicinskaya vizualizaciya*, 2014, No 2, pp. 68–74. (In Russ.)].

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 14.12.2018 г.

Контакт: Беликова Мария Яковлевна, belikova.mariya@mail.ru

Сведения об авторах:

Беликова Мария Яковлевна — кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, заведующая отделением КТ СПб ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн»; 193079, Санкт-Петербург, Народная ул. 21, к. 2, e-mail: belikova.mariya@mail.ru.



Уважаемые коллеги!

Издательством «Балтийский медицинский образовательный центр» опубликована книга **«Коморбидные состояния при ВИЧ-инфекции. Часть 1. Основы проблемы»** под редакцией Н. А. Беякова, В. В. Рассохин

В книге, написанной в жанре учебного пособия, избранных лекций и клинических рекомендаций для врачей, рассмотрены коморбидные — вторичные и сопутствующие заболевания — при ВИЧ-инфекции на разных стадиях иммуносупрессии и периодах развития инфекции. Авторы, основываясь на собственном опыте и мировых достижениях в области ВИЧ-инфекции, освещают вопросы, связанные с причинами, патофизиологией, диагностикой оппортунистических инфекций, клиническими особенностями формирования поражения жизненно важных органов и систем, ролью хронических вирусных инфекций, туберкулеза, соматической, в том числе онкологической и психоневрологической патологии. Предложены алгоритмы формулирования развернутого диагноза, тактики лечения коморбидных заболеваний на фоне ВИЧ-инфекции. Книга предназначена и рекомендуется для врачей различных специальностей, клинических ординаторов, аспирантов, стажеров и студентов медицинских вузов.

Получить более подробную информацию об издании можно на сайте Балтийского медицинского образовательного центра:
<http://www.bmoc-spb.ru>