

DOI: 10.24835/1607-0763-2017-2-7-15

ПЭТ головного мозга с 2-¹⁸F-2-дезоксид-глюкозой в дифференциальной диагностике дистонии и эссенциального тремора

Беленький В.В.^{1*}, Станжевский А.А.², Клиценко О.А.³, Скоромец А.А.⁴

¹ Медицинский центр “Аста вита”, АО “Туррис”, Санкт-Петербург, Россия

² ФГБУ “Российский научный центр радиологии и хирургических технологий”, Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБОУ ВО “Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова” Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

⁴ ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова” Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

PET of the Brain with 2-¹⁸F-2-desoxi-D-Glucose in Differential Diagnosis of Dystonia and Essential Tremor

Belenky V.V.^{1*}, Stanzhevsky A.A.², Klitsenko O.A.³, Skoromets A.A.⁴

¹ Medical centre “Asta Vita”, AO “Turris”, St. Petersburg, Russia

² Russian scientific centre of radiologic and surgical technologies, St. Petersburg, Russia

³ I.I. Mechnikov North-Western state medical university, St. Petersburg, Russia

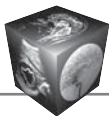
⁴ I.P. Pavlov St. Petersburg state Medical University, St. Petersburg, Russia

Цель исследования: сравнить результаты позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) головного мозга с 2-¹⁸F-2-дезоксид-глюкозой (18-ФДГ) группы больных дистонией с результатами группы больных эссенциальным тремором, обработав данные с помощью нового метода Z-счета результатов ПЭТ.

Материал и методы. В 2010 г. в журнале “Медицинская визуализация” мы опубликовали результаты исследования головного мозга методом ПЭТ с 18-ФДГ 11 больных, которые были разделены на 2 группы: группа больных дистонией – 7 и группа больных эссенциальным тремором – 4. Исследование метаболизма глюкозы головного мозга проводили на томографе Siemens Exacthigh resolution. Результаты тогда были представлены в виде полуколичественного анализа процентного изменения метаболизма глюкозы без сравнения с группой контроля, использовался пакет программ SPM2, установленный на персональном компьютере (OS Windows 2000). Позднее рабочая станция позитронно-эмиссионного томографа Института радиологии была оснащена программным пакетом Cortex ID, который позволяет провести автоматизированный структурно-функциональный анализ изображений головного мозга пациента с сопоставлением полученных данных со сканами контрольной группы той же возрастной категории. Данные пред-

ставляются в виде значений Z-счета, который автоматически вычисляется программой для каждой структуры головного мозга. За время, прошедшее с момента той публикации, мы провели обследование еще троих больных дистонией. Присовокупив их данные к данным 7 больных, обследованных ранее в вышеупомянутом исследовании 2010 г., мы сравнили данные ПЭТ этой общей группы больных дистонией с данными ранее обследованной прежней группы из 4 больных эссенциальным тремором, используя в настоящем исследовании новый метод обработки ПЭТ-данных – Z-счет. Чтобы нивелировать изменившиеся условия исследования, связанные с расширением группы больных дистонией, мы сравнили также прежний состав группы дистонии из 7 больных с группой больных эссенциальным тремором.

Результаты. Выявлено достоверное различие между группой больных дистонией и группой эссенциального тремора, выражавшееся в разном изменении метаболизма глюкозы в 4 зонах мозга – в области левого таламуса, правого чечевицеобразного ядра, в области поясной извилины и в области моста. Этот результат не изменился при сравнении методом Z-счета группы эссенциального тремора с прежним составом группы дистонии из 7 больных.



Заключение. Установив, что клиническая гетерогенность неврологических заболеваний соответствует гетерогенности при ПЭТ, наше исследование подтвердило эффективность ПЭТ в дифференциальной диагностике экстрапирамидных расстройств, а также эффективность метода Z-счета в исследованиях ПЭТ.

Ключевые слова: ПЭТ, дистония, эссенциальный тремор, Z-счет.

Ссылка для цитирования: Беленький В.В., Станжевский А.А., Клиценко О.А., Скоромец А.А. ПЭТ головного мозга с 2-¹⁸F-2-дезоксид-глюкозой в дифференциальной диагностике дистонии и эссенциального тремора. *Медицинская визуализация*. 2017; 21 (2): 7–15. DOI: 10.24835/1607-0763-2017-2-7-15.

The purpose. The purpose of the present study is to compare the data of brain PET with 2-¹⁸F-2-desoxy-D-glucose (18-FDG) of patients with dystonia with the results of patients with essential tremor (ET) by analyzing the data with the help of the new calculation method of Z-score of PET results.

Materials and methods. In 2010 in journal "Medical Visualization" we published results of PET study with 18-FDG of brain of 11 patients, which have been divided in two groups: the group with dystonia – 7 patients and the group with essential tremor – 4 patients. Glucose metabolism was studied by means of Siemens Exacthigh resolution tomograph. The results were presented in semi quantitative form of percentage of change of glucose metabolism, without comparison with the healthy control. The calculation has been done by means of software package SPM2, installed to the personal computer (OS Windows 2000). Later the Advantage Workstation of the same tomograph, used for the study, was equipped by software package Cortex ID that allows automatic structural and functional analyzes of PET visualization of the brain in comparison with the scans of control group of the same age. The results of such comparison are calculated by this program in the equation of Z-score, that is calculated automatically by special program for each brain zone. In present study we applied Z-score for analyzing again the comparison of the PET results of these two disorders. The group of essential tremor remained the same and included 4 patients studied before. As to the second group of dystonia, we added to it 3 new patients, studied since aforementioned study of 2010, the whole group of D rising up to ten patients. In order to level the conditions of our research, we also compared the former group of dystonia of 7 patients with the group of essential tremor by means of Z-score method.

Results. We have detected reliable difference between the group of dystonia and the group of essential tremor, presented in the form of different changes of glucose metabolism in 4 brain zones – left thalamus, right nucleus lentiformis, gyrus cingularis and the pons. Such result has not changed when we also compared the former staff of dystonia group of 7 patients with essential tremor group.

Conclusion. The study has confirmed efficacy PET in differential diagnosis of extrapyramidal disorders and of Z-score method in PET investigations by means of establishing of the correspondence of clinical heterogeneity to PET heterogeneity.

Key words: PET, dystonia, essential tremor, Z-score.

Recommended citation: Belenky V.V., Stanzhevsky A.A., Klitsenko O.A., Skoromets A.A. PET of the Brain with 2-¹⁸F-2-desoxy-D-Glucose in Differential Diagnosis of Dystonia and Essential Tremor. *Medical visualization*. 2017; 21 (2): 7–15.

DOI: 10.24835/1607-0763-2017-2-7-15.

Введение

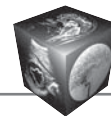
В 2010 г. в журнале "Медицинская визуализация" мы опубликовали результаты исследования головного мозга методом позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) с 18-ФДГ 11 больных, которые были разделены на 2 группы: группа больных дистонией (Дс) – 7 и группа больных эссенциальным тремором (ЭТ) – 4 больных [1]. Результаты тогда были представлены в виде количественного анализа процентного изменения метаболизма глюкозы без сравнения с группой контроля, использовался пакет программ SPM2 (Welcome Department of Cognitive Neurology, Institute of Neurology, London, UK) in software environment MATLAB v. 6.1 (Mathworks Inc., Sherborn, MA), установленный на персональном компьютере (OS Windows 2000). Было выявлено снижение метаболизма глюкозы в различных отделах головного мозга у всех больных, при этом не удалось обнаружить значимых различий между двумя группами. Позднее рабочая станция позитронно-эмиссионного томографа Института радиологии была оснащена программным пакетом

Для корреспонденции*: Беленький Вадим Викторович – 197738, Санкт-Петербург, п. Репино, Приморское шоссе, 427 лит. Тел.: +7-952-246-01-11. E-mail: vadimbele@yahoo.com

Беленький Вадим Викторович – невролог, медицинский центр "Аста Вита", АО "Туррис", Санкт-Петербург; **Станжевский Андрей Алексеевич** – доктор мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе Российского научного центра радиологии и хирургических технологий, Санкт-Петербург; **Клиценко Ольга Анатольевна** – канд. мед. наук, медицинский статистик кафедры педагогики, философии и права СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург; **Скоромец Александр Анисимович** – доктор мед. наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой неврологии СПбГМУ им. И.П. Павлова, Санкт-Петербург.

Contact*: Vadim V. Belenky – 197738, St. Petersburg, Repino, Primorskoe Shose, 427–D. Phone: +7-952-246-01-11. E-mail: vadimbele@yahoo.com

Vadim V. Belenky – neurologist, Medical centre "Asta Vita", "Turris", St. Petersburg; **Andrei A. Stanzhevsky** – doct. of med. sci., professor, vice president of Russian scientific centre of radiologic and surgical technologies, St. Petersburg; **Olga A. Klicenko** – cand. of med. sci., medical statistician of the pedagogics, philosophy and law department of I.I. Mechnikov North-Western state medical university, St. Petersburg; **Alexandr A. Skoromets** – doct. of med. sci., professor, academician, head of neurology department of I.P. Pavlov Medical university, St. Petersburg.



Cortex ID, который позволяет провести автоматизированный структурно-функциональный анализ изображений головного мозга пациента с сопоставлением полученных данных со сканами контрольной группы той же возрастной категории. Данные представляются в виде значений Z-счета, который автоматически вычисляется программой для каждой структуры головного мозга по специальной формуле. На фоне исследований последних лет, показавших, что ПЭТ головного мозга оказалась эффективным средством дифференциальной диагностики заболеваний экстрапирамидной системы [2–4], отрицательные результаты нашего исследования 2010 г. потребовали объяснения. В поисках такого объяснения было решено пересчитать прежние данные с помощью нового метода. За время, прошедшее с момента той публикации, мы провели обследование еще троих больных Дс. Присовокупив их данные к данным 7 больных, обследованных ранее в вышеупомянутом исследовании 2010 г., мы сравнили данные ПЭТ этой общей группы больных Дс с данными ранее обследованной прежней группы из 4 больных ЭТ, используя в настоящем исследовании новый метод обработки ПЭТ данных – Z-счет. Чтобы нивелировать изменившиеся условия исследования, связанные с расширением группы больных Дс, мы сравнили также прежний состав группы Дс из 7 больных с группой больных ЭТ.

Цель исследования

Выяснить возможности использования ПЭТ головного мозга с 2-¹⁸F-2-дезоксид-глюкозой (18-ФДГ) в дифференциальной диагностике двух заболеваний – Дс и ЭТ, путем сравнения результатов ПЭТ группы больных Дс с результатами группы больных ЭТ, обработав данные с помощью нового метода Z-счета результатов ПЭТ.

Материал и методы

Оба заболевания – и Дс, и ЭТ – сопровождаются двумя основными патологическими феноменами – насильственными движениями и тремором. При Дс преобладают гиперкинезы, а при ЭТ – тремор с частотой 4–10 Гц, превышающей частоту тремора при паркинсонизме (3–5 Гц). В нашем исследовании 2010 г. в группу больных ЭТ мы выделили тех 4 пациентов, у которых отсутствовали гиперкинезы, а клиническая картина была представлена только высокочастотным тремором. В настоящем исследовании мы использовали прежние данные этих 4 больных. В группу Дс мы выделили первоначально 7 больных, у которых наблюдались дистонические насильственные движения и патологические позные установки

вне зависимости от присутствия или отсутствия в клинической картине тремора. За время, прошедшее с момента той публикации, мы провели обследование еще троих больных Дс. Присовокупив их данные к данным 7 больных, обследованных ранее в вышеупомянутом исследовании 2010 г., мы сравнили данные ПЭТ этой общей группы из 10 больных Дс (71% от общей группы 14 больных) с данными ранее обследованной прежней группы из 4 больных ЭТ (29% от общей группы), используя в настоящем исследовании новый метод обработки ПЭТ-данных – Z-счет. Характеристика больных приведена в табл. 1. Таким образом по сравнению с исследованием 2010 г. мы изменили только 2 условия – расширили группу больных Дс и применили новый метод обсчета. Для того чтобы однозначно выявить возможную причину расхождения результатов прежнего и нынешнего исследования, мы также сравнили методом Z-счета группу ЭТ и прежний состав группы Дс из 7 больных.

Исследование метаболизма глюкозы головного мозга проводили на томографе Siemens Exacthigh resolution радиофармпрепаратом (РФП) 18-ФДГ в Центральном институте радиологии (Санкт-Петербург) в 2009–2010 гг. Повторная обработка результатов исследования проводилась в 2016 г. полуколичественным методом с помощью программного пакета Cortex ID, установленного на рабочих станциях Advantage Workstation 4,5 и 4,6 томографа. Предварительно данные с позитронных эмиссионных томографов конвертировали из формата ECAT7 в формат DICOM с последующей их загрузкой на рабочие станции Advantage Windows 4.5 и 4.6. Для этого использовали программу Vinci 3 (Max-Planck-Institute for Neurological Research, Германия). Программный пакет Cortex ID позволяет провести автоматизированный структурно-функциональный анализ изображений головного мозга пациента с сопоставлением полученных данных со сканами контрольной группы той же возрастной категории. Это связано с тем, что возраст пациента имеет большое значение для интерпретации выявленных изменений, которые могут быть обусловлены как патологическим процессом, так и возрастной инволюцией. ПЭТ-изображения преобразуются в стандартное анатомическое пространство [5]. Пространственная нормализация изображений каждого пациента и лиц из группы контроля осуществляется путем создания стандартного образа (шаблона) с использованием аффинной жесткой и нелинейной трансформации (деформации или искривления изображений для 3D-обработки). Жесткая аффинная трансформация применяется для выравнива-

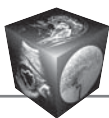


Таблица 1. Характеристика обследованных больных

Заблевание	Больные	Пол	Возраст, годы	Тяжесть и локализация гиперкинезов	Наследственность	Возраст начала заблевания	Результаты МРТ, КТ
Дс	О.	Ж	26	Цервикальная Дс, тремор головы	Семейная форма	Подростковый	Норма
Дс	Сн.	Ж	70	Цервикальная Дс, тремор головы, рук	Спорадическая форма	Пожилой	–
Дс	Кч.	Ж	59	Писчий спазм, начавшийся с тремора в кисти	Наследственный гиперкинез в кисти	Пожилой	Норма
Дс	Кр.	М	38	Цервикальная Дс	Спорадическая форма	Молодой	Норма
Дс	Ива.	Ж	52	Ларингиальная Дс, Писчий спазм	Спорадическая форма	Подростковый	Норма
Дс	Ф.	М	57	Писчий спазм	Наследственная форма	Молодой	Норма
Дс	Л.	Ж	37	Цервикальная Дс	Спорадическая форма	Молодой	Норма
Дс	Фил.	ж	60	Цервикальная Дс	Спорадическая форма	Молодой	Норма
Дс	Кос.	ж	36	Цервикальная Дс	Спорадическая форма	Подростковый	–
Дс	Калш.	ж	38	Цервикальная Дс	Спорадическая форма	Подростковый	–
ЭТ	Сд.	ж	61	Тремор головы	Спорадическая форма	Средний	–
ЭТ	Ин.	м	22	Тремор головы	Семейная форма, сын больной Ив.	Подростковый	–
ЭТ	Ив.	ж	53	Тремор головы	Семейная форма	Подростковый	Норма
ЭТ	Э.	м	55	Тремор головы, рук	Семейная форма	Молодой	Норма

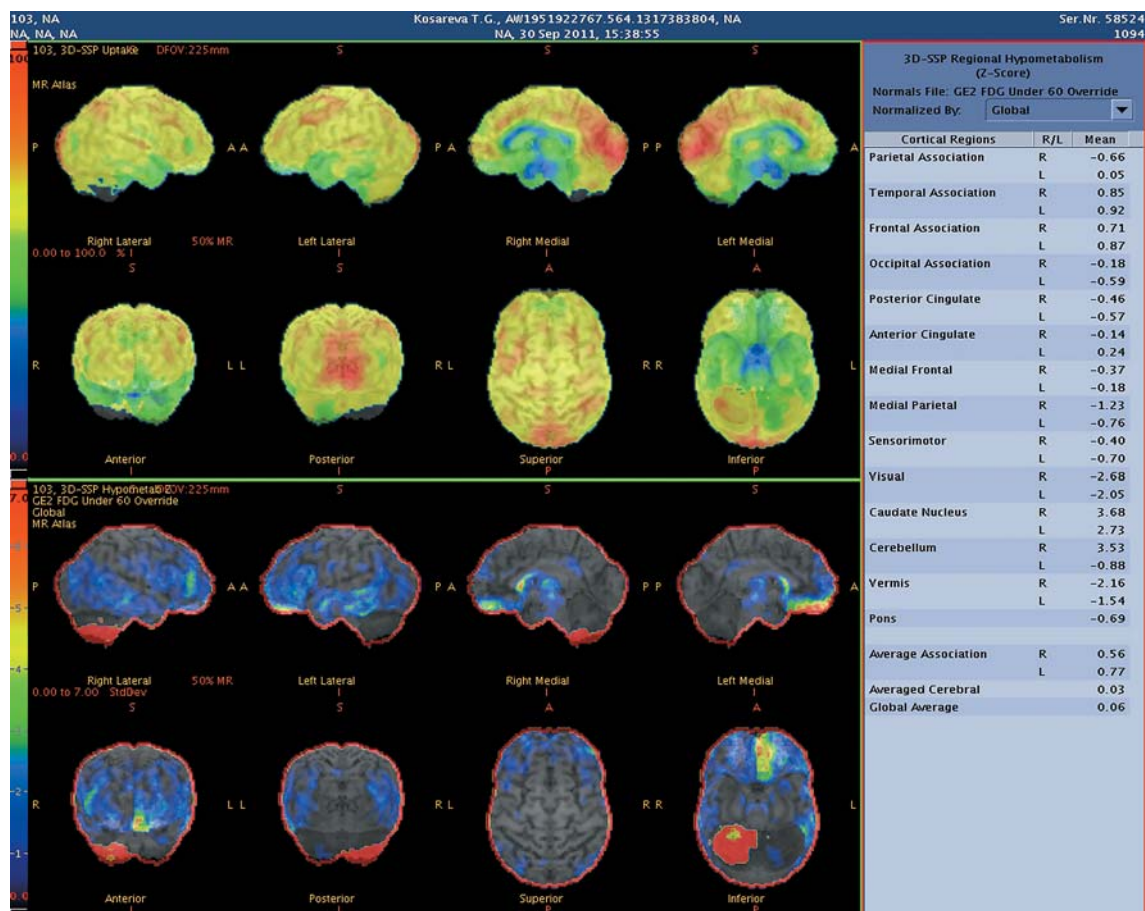
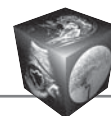


Рис. 1. ПЭТ-изображение с ФДГ больной 36 лет.

ния изображений путем стандартизации их размера и положения. Аффинная трансформация проводится по 12 параметрам (3 смещения изображения, 3 перемещения в пространстве, 3 вращения по осям x, y, z и 3 изменения размера изображения). Сглаживание изображений выполняется путем свертки с изотропным гауссовым ядром с использованием 16 мм полной ширины на половине высоты для увеличения отношения сигнал/шум. Изменение в каждом вокселе оценивается в соответствии с генеральной линейной моделью. Размер вокселя составляет $2 \times 2 \times 2$ мм (после пространственной трансформации). Влияние общего метаболизма нивелируется путем нормализации счета в каждом вокселе к общему счету в головном мозге с использованием пропорциональной шкалы. Данные представляются в виде значений Z-счета, который автоматически вычисляется программой для каждой структуры головного мозга. Z-счет вычисляется программным комплексом по следующей формуле:

$$z(x, y, z) = \mu(x, y, z) - i((x, y, z)) / \sigma^2(x, y, z),$$

где μ – среднее значение накопления РФП в зоне интереса в контрольной группе, нормализованное значение накопления РФП в зоне интереса у пациента, σ – среднеквадратическое отклонение накопления РФП в зоне интереса в контрольной группе, x, y, z – координаты в системе стереотаксического атласа J. Talairach [6]. Таким образом, отрицательные значения Z-счета свидетельствуют о гиперметаболизме глюкозы, положительные – о гипометаболизме. Чем выше значение Z-счета, тем более выраженное снижение метаболизма имеется в зоне интереса.

Результаты

На рис. 1 представлены МР-данные одной из пациенток.

Результаты нового исследования подтвердили гипометаболизм глюкозы у всех больных в обеих группах. В табл. 2 представлены зоны мозга с гипометаболизмом.

В отличие от результатов прежнего исследования анализ результатов с применением Z-счета выявил статистически достоверное различие меж-

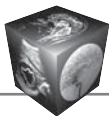


Таблица 2. Зоны мозга с выявленным гипометаболизмом

Больной	Зоны мозга													
	Thal L	Thal R	Lent L	Lent R	NuclCaud L	NuclCaud R	Prefrontal L	Prefrontal R	Temporals L	Temporals R	Frontals L	Frontals R	Parietals L	Parietals K
Фил.					1,83	1,73			0,82	0,75	1,09	0,87		
Кос.					2,73	3,68					0,87	0,71		
Капиш.	0,61	0,65			1,21	1,25	1,14	1,17	1,32	1,36	1,17	1,21	1,11	1,16
Э.					0,62	0,56					0,67	0,60		
Ин.		0,81	0,53		0,55	0,73			0,97	0,69	0,58			
Ина.		1,23	1,17		0,99	1,13	1,17	1,20			1,12	1,14	1,21	1,22
Сд.					0,77	0,68	0,83	0,87	0,90	0,93	0,89	0,91		
Л.	0,82	0,78	0,55	0,59	0,65	0,61	1,13	1,15	1,02	1,04	0,98	0,95	1,03	1,07
Ф.	0,56	0,59	0,97	1,01	0,51	0,54								
Ива.	0,58	0,53	0,85	0,82	0,76	0,74	0,54	0,56	0,92	0,97	0,55	0,56		
Кр.	0,60	0,63	0,90	0,86	0,77	0,68	0,51	0,57	0,71	0,69				
Кч.	0,63	0,51	0,88	0,54	0,60	0,52								
Сн.	0,52	0,54	0,56	0,59	0,95	0,91	0,97	0,89			0,93	0,86	0,79	0,75
О.	0,67	0,59	0,57	0,86	0,83	0,81				0,92				

Примечание. Thal – Thalamus, Lent – nucleus lenticularis, NuclCaud – nucleus caudatus, Prefrontal – prefrontal cortex, TemporalAs – temporal associative cortex, FrontalAs – frontal associative cortex, ParietalAs – parietal associative cortex, OccipitalAs – occipital associative cortex, CingulAnt – anterior part of cingulate gyrus, Cerebl – cerebellum, L – left hemisphere, R – right hemisphere.

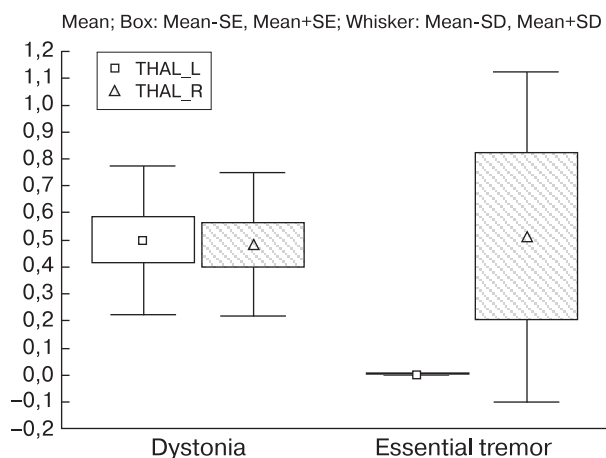
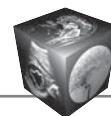


Рис. 2. Различие метаболизма глюкозы между двумя группами в области левого таламуса.

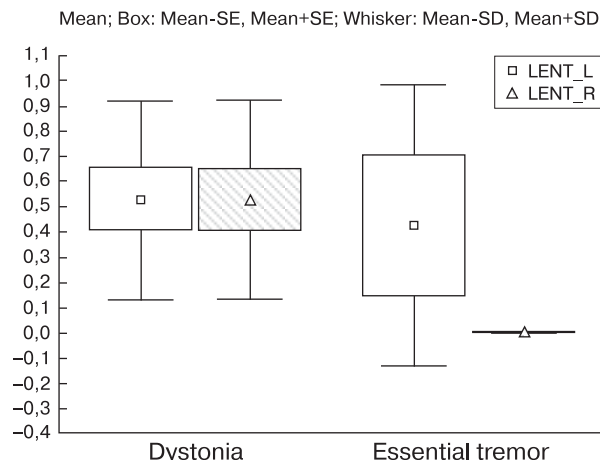


Рис. 3. Различие метаболизма глюкозы между двумя группами в области правого чечевицеобразного ядра.

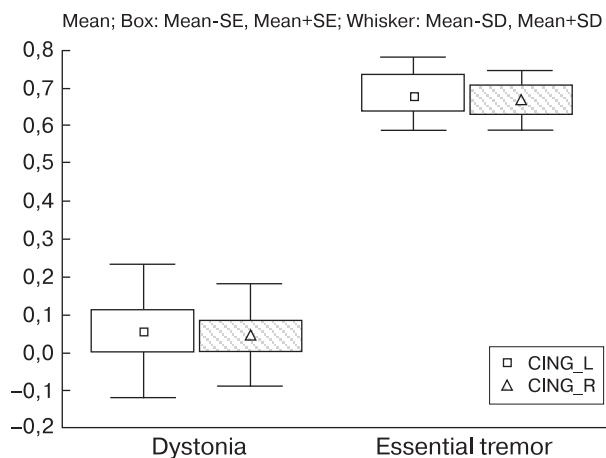


Рис. 4. Различие метаболизма глюкозы между двумя группами в области поясной извилины.

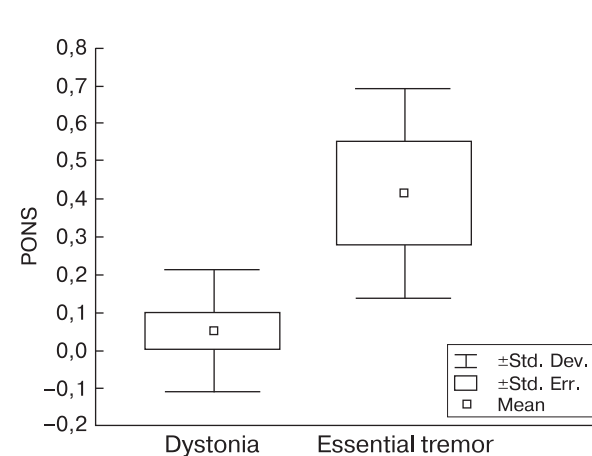


Рис. 5. Различие метаболизма глюкозы между двумя группами в области моста.

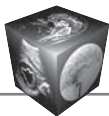
ду двумя группами – Дс и ЭТ (рис. 2–5). При сравнении группы ЭТ с прежним составом группы Дс из 7 больных анализ также показал достоверное различие практически с таким же цифровым выражением, причем даже несколько более четко выраженное.

Обсуждение

Результаты исследования Дс методом ПЭТ с 18-ФДГ противоречивы. Некоторые исследования свидетельствовали о гиперметаболизме глюкозы [7–9], в других не было выявлено изменений метаболизма [10–13]. Проведенное нами в 2010 г. исследование [1] подтвердило данные Н. Karbe и соавт. [14] о гипометаболизме глюкозы в определенных зонах головного мозга. Это противоре-

чит многим другим вышеупомянутым исследованиям [7–13] и может быть связано с тем, что наши пациенты не получали лечение до участия в нашем исследовании. Результаты исследования ЭТ методом ПЭТ менее противоречивы [15–18], возможно, в связи с их малочисленностью. Ученые из Кореи подтвердили наши данные о гипометаболизме глюкозы, однако в отличие от наших данных были выявлены корковые зоны снижения метаболизма [2, 19].

Применив новый метод обсчета данных – Z-счет, мы обнаружили различие метаболизма глюкозы при этих двух заболеваниях. Данный способ обработки изображений головного мозга был создан S. Minoshima в 1995 г. на основе разработанной ранее в Мичиганском университете технологии



стандартизации изображений и получил название 3D SSP (stereotactic surface projection – трехмерное стереотаксическое проецирование на поверхность) [5]. Его преимуществом является возможность нивелировать несоответствие между распределением РФП в радиальном направлении, которое остается после стандартизации на объемных изображениях. Эта технология базируется на представлении, что по существу кора головного мозга является двухмерным листом пластинчатой структуры, изогнутым и свернутым в трехмерном пространстве. Следовательно, информация от радиального профиля является незначимой. Таким образом, проведенное нами исследование подтвердило преимущество метода Z-счета.

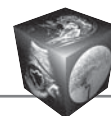
Клинические симптомы гиперкинетических расстройств, таких как паркинсонизм, Дс, ЭТ, часто перекрываются, в связи с чем дифференциальная диагностика сложна. Методы эмиссионной нейровизуализации могут использоваться для решения этой проблемы. Так, например, недавно было показано, что методом однофотонной эмиссионной компьютерной томографии и ПЭТ можно дифференцировать болезнь Паркинсона от ЭТ на основе разного регионального мозгового кровотока при этих двух заболеваниях [2], на основе разного связывания серотонинового транспортера [20], на основе визуализации гибели дофаминергических нейронов при паркинсонизме [21, 22]. Доказана эффективность ПЭТ в дифференциальной диагностике между паркинсонизмом и паркинсоническими синдромами, для этой цели могут быть использованы ПЭТ с 18-ФДГ [3, 4, 23], а также ПЭТ с F-дофа [24–26]. Ведь позитронно-эмиссионный полиморфизм основан на биохимическом. Так, например, наши биохимические исследования свидетельствуют о том, что повышение дофамина плазмы более характерно для ЭТ, что подтверждается открытиями генетиков кандидата гена ЭТ, кодирующего дофаминовые рецепторы [27].

Заключение

Все больше данных свидетельствуют о том, что ПЭТ оказалась эффективным средством дифференциальной диагностики экстрапирамидных расстройств ЦНС. ПЭТ выявляет поражение тех зон мозга, которые связаны с патологическими двигательными феноменами, как то гиперкинезия и гипокинезия, тремор разной частоты, нарушения позы и походки. Установив, что клиническая гетерогенность двигательных расстройств соответствует гетерогенности при ПЭТ, наше исследование также подтвердило эффективность таких продвинутых методик обработки ПЭТ данных, как Z-счет.

Список литературы / References

1. Беленький В.В., Станжевский А.А., Тютин Л.А., Чупрасова Т.В. Позитронно-эмиссионная томография при дистонии и эссенциальном треморе. *Медицинская визуализация*. 2010; 5: 77–82. Belenky V.V., Stanzhevsky A.A., Tutin L.A., Chuprasova T.V. PET in dystonia and essential tremor. *Medical Visualization*. 2010; 5: 77–82. (In Russian)
2. Song I., Park J., Chung S., Chung Y. Brain SPECT can differentiate between essential tremor and early-stage tremor-dominant Parkinson's disease. *Clin. Neurosci.* 2014; 21(9):1533–1537. DOI: 10.1016/j.jocn.2013.11.035.
3. Akdemir Ö., Tokçar B., Karakus A., Kapucu LÖ., Kapucu L. Brain F-FDG PET imaging in the differential diagnosis of parkinsonism. *Clin. Nucl. Med.* 2014; 39: 220–226. DOI: 10.1097/RLU.0000000000000315.
4. Brajkovic L., Kostic V., Sobic-Saranovic D., Stefanova E., Jecmenica-Lukic M., Jesic A., Stojiljkovic M., Odalovic S., Gallivanone F., Castiglioni I., Radovic B., Trajkovic G., Artiko V. The utility of FDG-PET in the differential diagnosis of Parkinsonism. *Neurol. Res.* 2017; 5: 1–10. DOI: 10.1080/01616412.2017.1312211.
5. Minoshima S., Frey K., Koeppe R., Foster N., Kuhl D. Diagnostic Approach in Alzheimer's Disease Using Three-Dimensional Stereotactic Surface Projections of Fluorine-18-FDG PET. *J. Nucl. Med.* 1995; 36: 1238–1248.
6. Talairach J., Tournoux P. Co-planar stereotaxic atlas of the human brain: 3-dimensional proportional system – an approach to cerebral imaging. New York: Thieme Medical Publishers, 1988. 122 p.
7. Chase T., Tamminga C., Burrows H. Positron emission tomographic studies of regional cerebral glucose metabolism in idiopathic dystonia. *Adv. Neurol.* 1988; 50: 237–241.
8. Galardi G., Perani D., Grassi F., Bressi S., Amadio S., Antoni M., Comi G., Canal N., Fazio F. Basal ganglia and thalamo – cortical hypermetabolism in patients with spasmodic torticollis. *Acta Neurologica Scand.* 1996; 94: 172–176. DOI: 10.1111/j.1600-0404.1996.tb07049.x.
9. Trost M., Carbon M., Edwards C., Ma Y., Raymond D., Mentis M.J., Moeller J.R., Bressman S.B., Eidelberg D. Primary dystonia: is abnormal functional brain architecture linked to genotype? *Ann. Neurol.* 2002; 52: 853–856. DOI: 10.1002/ana.10418.
10. Gilman S., Junck L., Young A., Hichwa R., Markel D., Koeppe R., Ehrenkauer R. Cerebral metabolic activity in idiopathic dystonia studied with positron emission tomography. *Adv. Neurol.* 1988; 50: 231–236.
11. Martin W., Stoessl A., Palmer M., Adam M., Ruth T., Grierson J., Pate B., Calne D. Pet scanning in dystonia. *Adv. Neurol.* 1988; 50: 223–229.
12. Otsuka M., Ichiya Y., Shima F., Kuwabara Y., Sasaki M., Fukumura T., Kato M., Masuda K., Goto I. Increased striatal 18 dopa uptake and normal glucose metabolism in idiopathic dystonia syndrome. *J. Neurol. Sci.* 1992; 111: 145–149.
13. Eidelberg D. Regional metabolic covariation in ITD with 18FDG PET. *Mov. Disord.* 1992; 2: 297.
14. Karbe H., Holthoff V., Rudolf J., Herholz K., Heiss W. Positron emission tomography demonstrates frontal cortex and basal ganglia hypometabolism in dystonia. *Neurology*. 1992; 42: 1540–1544.



15. Colebatch J., Findley L., Frackowiak R. Preliminary report: activation of the cerebellum in essential tremor. *Lancet*. 1990; 336: 1028–1030. DOI: 10.1016/0140-6736(90)92489-5.
16. Jenkins I., Bain P., Colebatch J., Thompson P., Findley L., Frackowiak R., Marsden C., Brooks D. A positron emission tomography study of essential tremor: evidence for overactivity of cerebellar connections. *Ann. Neurol*. 1993; 34: 82–90. DOI: 10.1002/ana.410340115.
17. Wills A., Jenkins I., Thomson P., Findley L., Brooks D. Red nuclear and cerebellar but no olivary activation associated with essential tremor: a positron emission tomographic study. *Ann. Neurol*. 1994; 36: 636–642. DOI: 10.1002/ana.410360413.
18. Wills A., Jenkins I., Thompson P., Findley L., Brooks D. A positron emission tomography study of cerebral activation associated with essential and writing tremor. *Arch. Neurol*. 1995; 52 (3): 299–305. DOI: 10.1001/archneur.1995.00540270095025.
19. Ha S., Yang Y., Song I., Chung Y., Oh J., Chung S. Changes in regional brain glucose metabolism measured with F-18-FDG-PET in essential tremor. *Acta Radiol*. 2015; 56: 482–486. DOI: 10.1177/0284185114531414.
20. Sharifi S., Nederveen A., Booi J., Rootselaar A. Neuroimaging essentials in essential tremor: a systematic review. *Neuroimage Clin*. 2014; 5: 217–231. DOI: 10.1016/j.nicl.2014.05.003.
21. Gerasimou G., Costa D.C., Papanastasiou E., Bostanjio-poulou S., Arnaoutoglou M., Moraidis E., Aggelopoulou T., Gotzamani-Psarrakou A. SPECT study with I-123-loflupane (DaTSCAN) in patients with essential tremor. Is there any correlation with Parkinson's disease? *Ann. Nucl. Med*. 2012; 26: 337–344. DOI: 10.1007/s12149-012-0577-4.
22. Dellavedova L., Giorgetti A., Maffioli L. Impact of ¹²³I-loflupane SPECT in Patient Management: Essential Tremor. *Clin. Nuclear Med*. 2016; 41 (3): 154–155. DOI: 10.1097/RLU.0000000000001018.
23. Garraux G., Phillips C., Schrouff J., Kreisler A., Lemaire C., Degueldre C., Delcour C., Hustinx R., Luxen A., Destée A., Salmonet E. Multiclass classification of FDGPET scans for the distinction between Parkinson's disease and atypicalparkinsonian syndromes. *Neuroimage Clin*. 2013; 14: 883–893. DOI: 10.1016/j.nicl.2013.06.004.
24. Burn D.J., Sawle G.V., Brooks D.J. Differential diagnosis of Parkinson's disease, multiple system atrophy, and Steele-Richardson-Olszewski syndrome: discriminant analysis of striatal F-dopa PETdata. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr*. 1994; 57: 278–284. DOI: 10.1136/jnnp.57.3.278.
25. Fischman A.J. Role of [F]-dopa-PET imaging in assessing movement disorders. *Radiol. Clin. N. Am*. 2005; 43: 93–106. DOI: 10.1016/j.rcl.2004.08.002.
26. Darcourt J., Schiazza A., Sapin N., Dufour M., Ouvrier M., Benisvy D., Fontana X., Koulibaly P. F-FDOPA PET for the diagnosis of parkinsonian syndromes. *Quarterly J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2014; 58: 355–365.
27. Gulcher J., Jonsson P., Kong A. Jeffrey R., Kristjánsson K., Frigge M., Kárasón A., Einarsdóttir I., Stefánsson I., Einarsdóttir A., Sigurdardethttir S., Baldursson S., Björnsdóttir S., Hrafnkelsdóttir S., Jakobsson F., Benedickz J., Stefánsson K. Mapping of a familial essential tremor gene, FET 1, to chromosome 3q13. *Nat. Genet*. 1997; 17: 84–87. DOI: 10.1038/ng0997-84.

Поступила в редакцию 17.01.2017.
Принята к печати 20.02.2017.

Received on 17.01.2017.
Accepted for publication on 20.02.2017.