

Радиоизотопные методы визуализации: какие есть альтернативы mIBG-сцинтиграфии

Ликарь Юрий Николаевич

д.м.н., зав. отделом ядерной медицины
«НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева»

X Конференция Энби
Москва | 4–5 октября 2025 года

NB ФОНД
ЭНБИ



Методы ядерной медицины при нейробластоме

➤ Сцинтиграфия костей скелета с бифосфонатами

- ✓ *mts поражение костей скелета*
- ✓ *первичная опухоль при наличии кальцинатов*

➤ Сцинтиграфия с ^{123}I -МЙБГ

- ✓ *первичная опухоль (дифференциальная диагностика)*
- ✓ *mts, оценка ответа*
- ✓ *показания к РНТ*

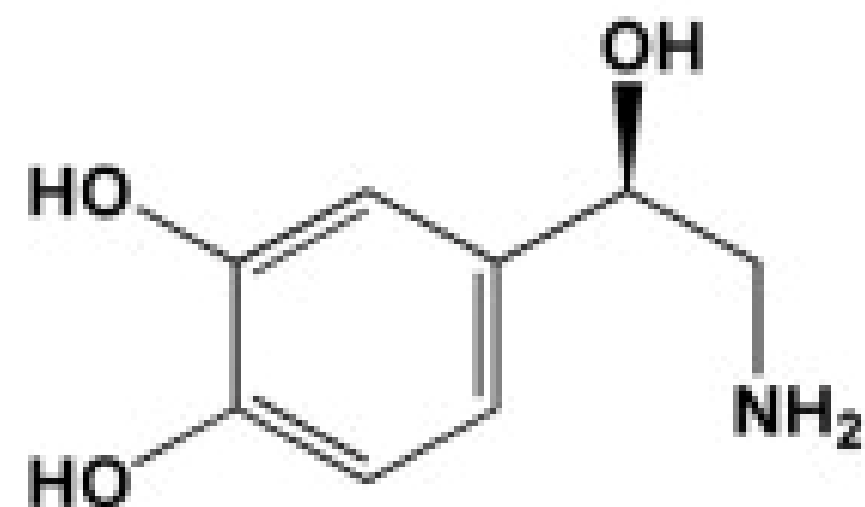
➤ ПЭТ/КТ



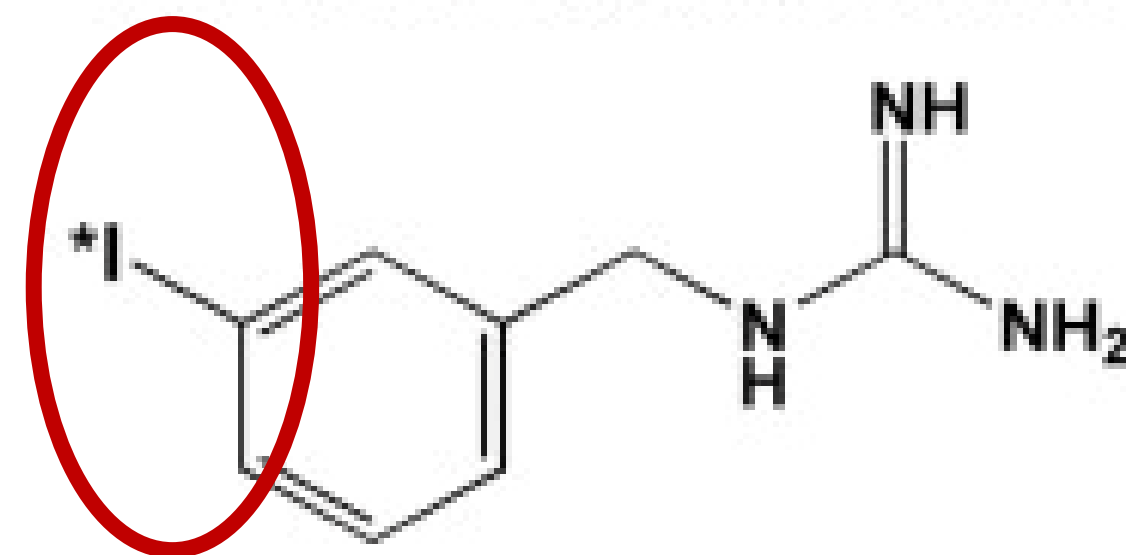
Метайодбензилгуанидин $^{131}\text{I}/^{123}\text{I}$ -МЙБГ



Norepinephrine

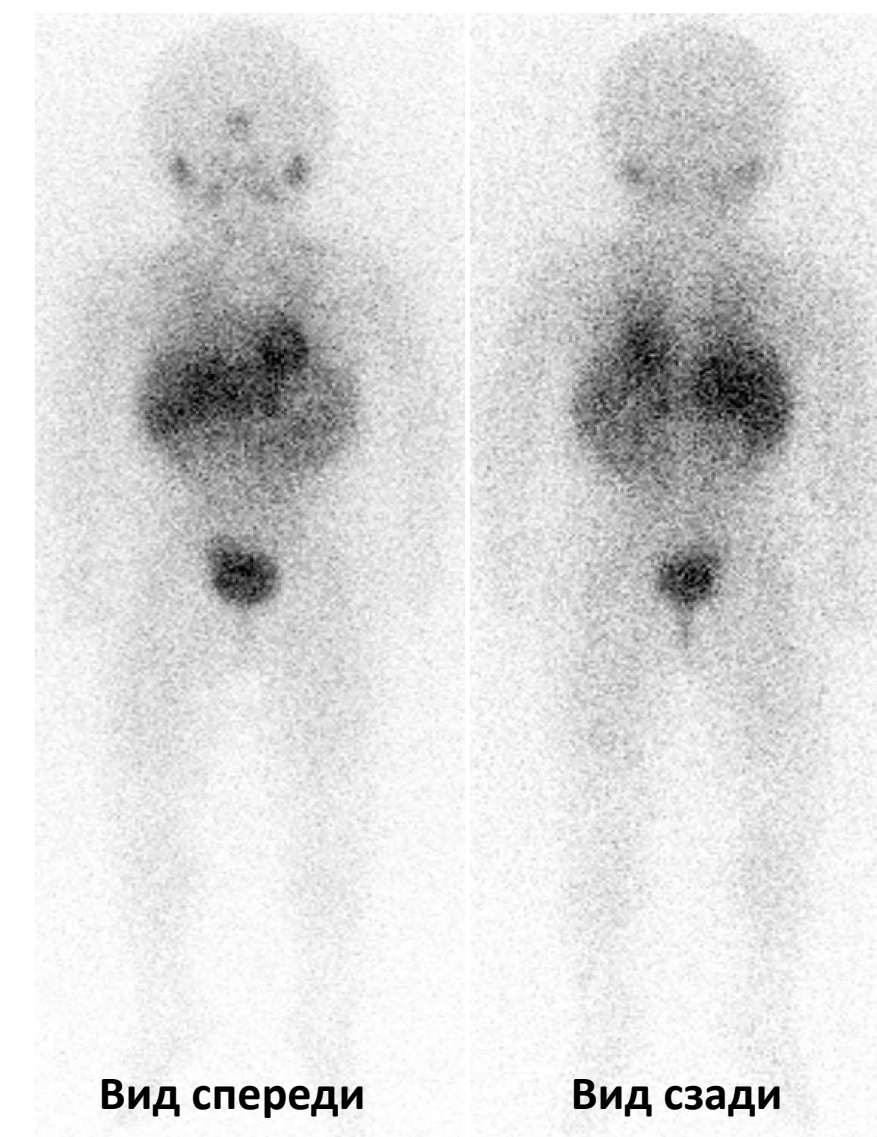


meta-Iodobenzylguanidine (MIBG)



MIBG = *I = ^{131}I or ^{123}I or ^{124}I

- Синтезировали Wieland и коллеги в конце 1970-х
- Феохромоцитома – NEJM 1981 (Sisson)
- Нейробластома – Lancet 1984 (Treuner)



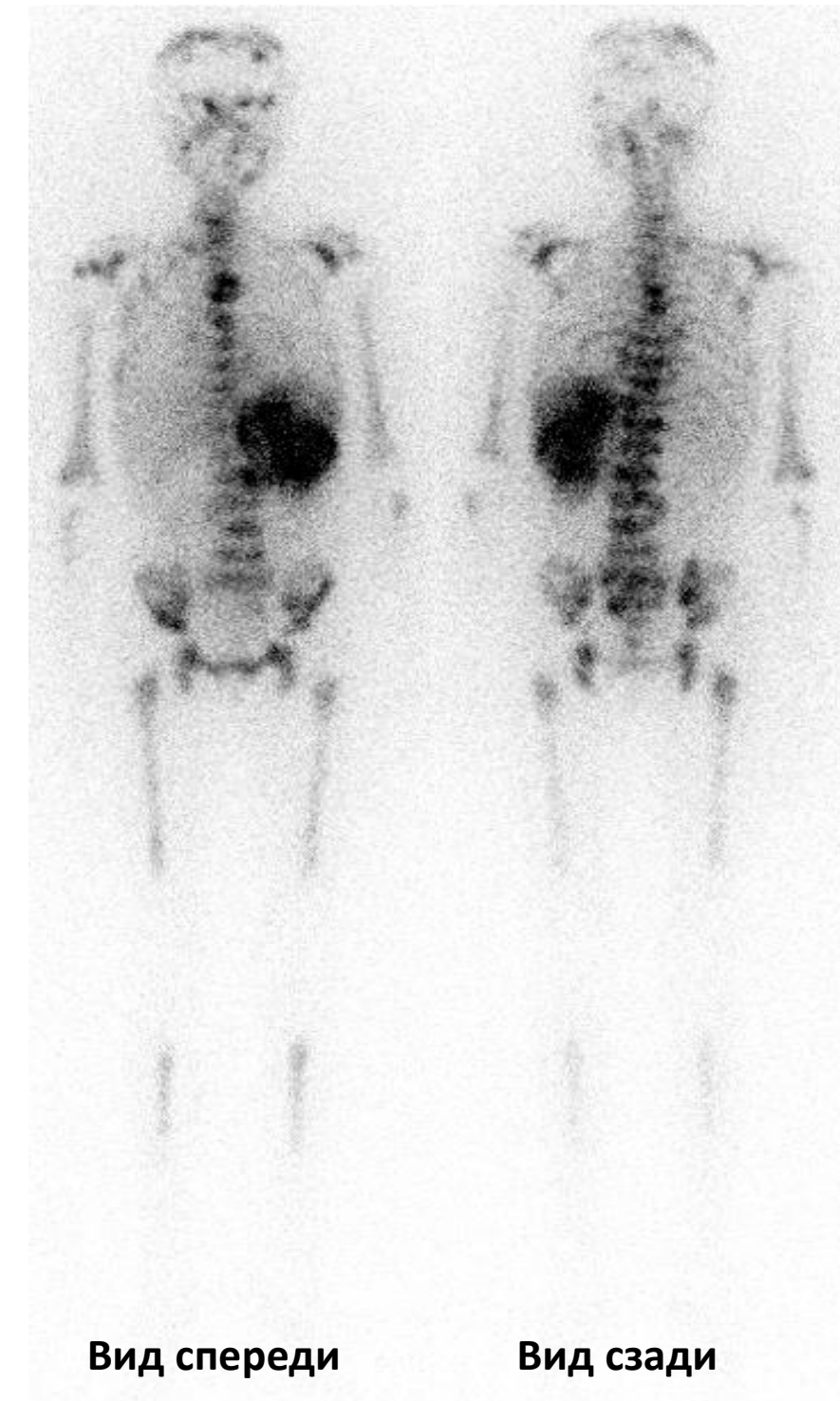
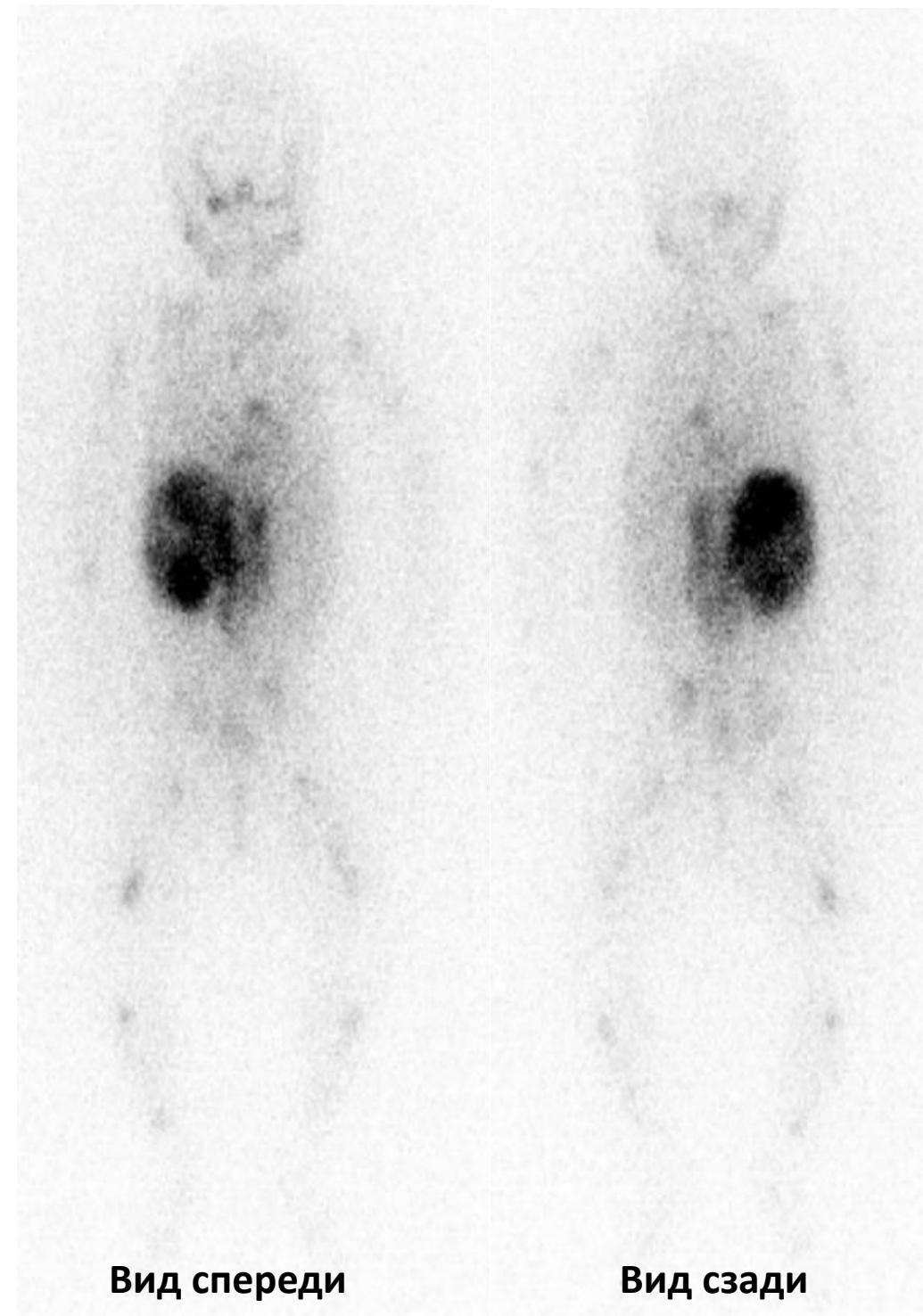
Вид спереди

Вид сзади



Сцинтиграфия с ^{123}I -МЙБГ

- Препарат первой линии «золотой стандарт»
- Чувствительность (88-93 %)
- Специфичность (83-92 %)
- Накапливается в $\approx 90\%$ нейробластом
- МЙБГ-негативные нейробластомы $\approx 10\%$





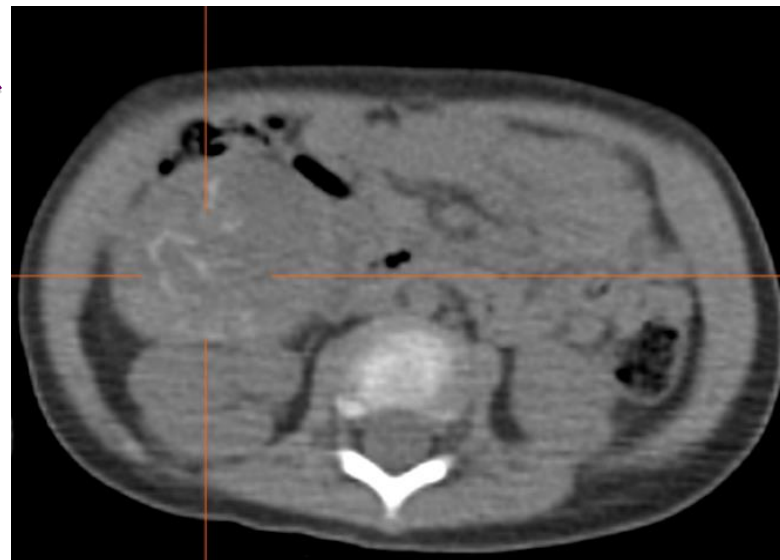
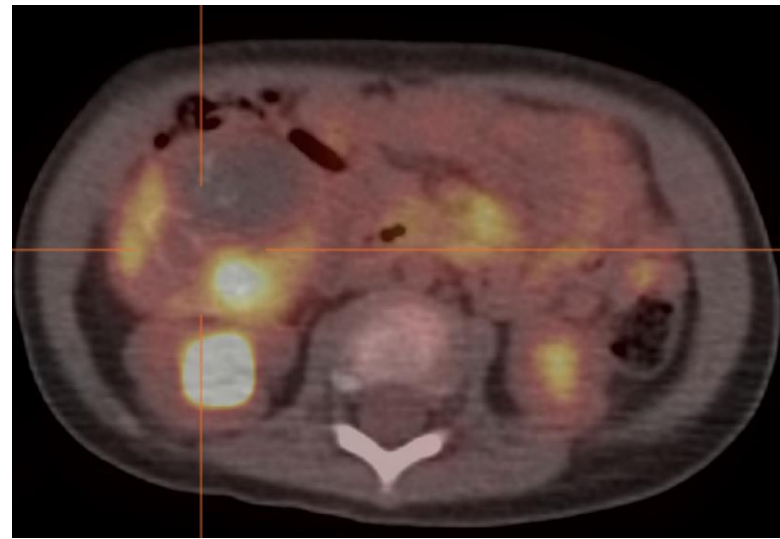
Сцинтиграфия с ^{123}I -МЙБГ

/

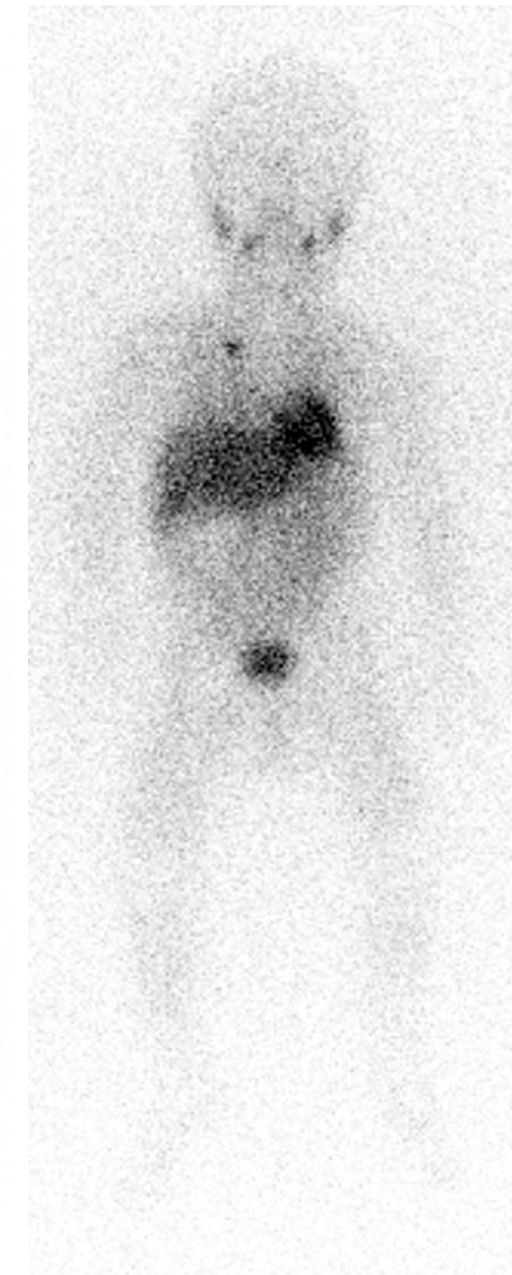
ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ



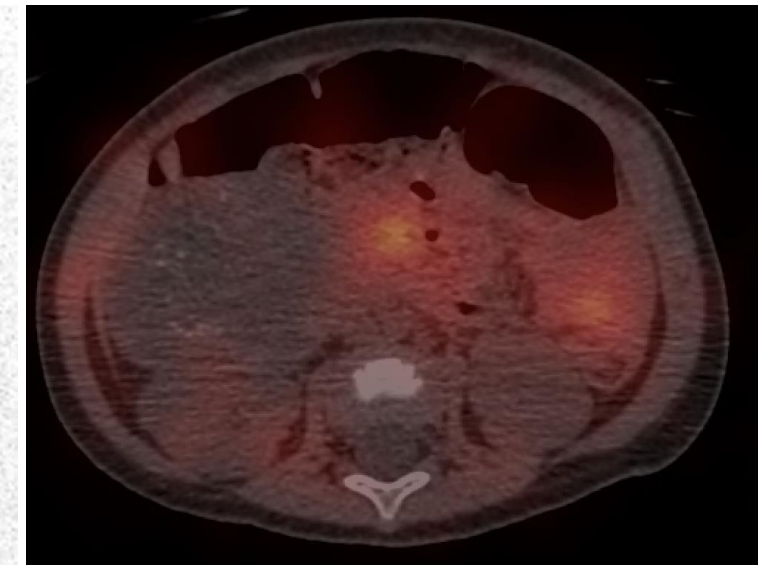
^{18}F -ФДГ

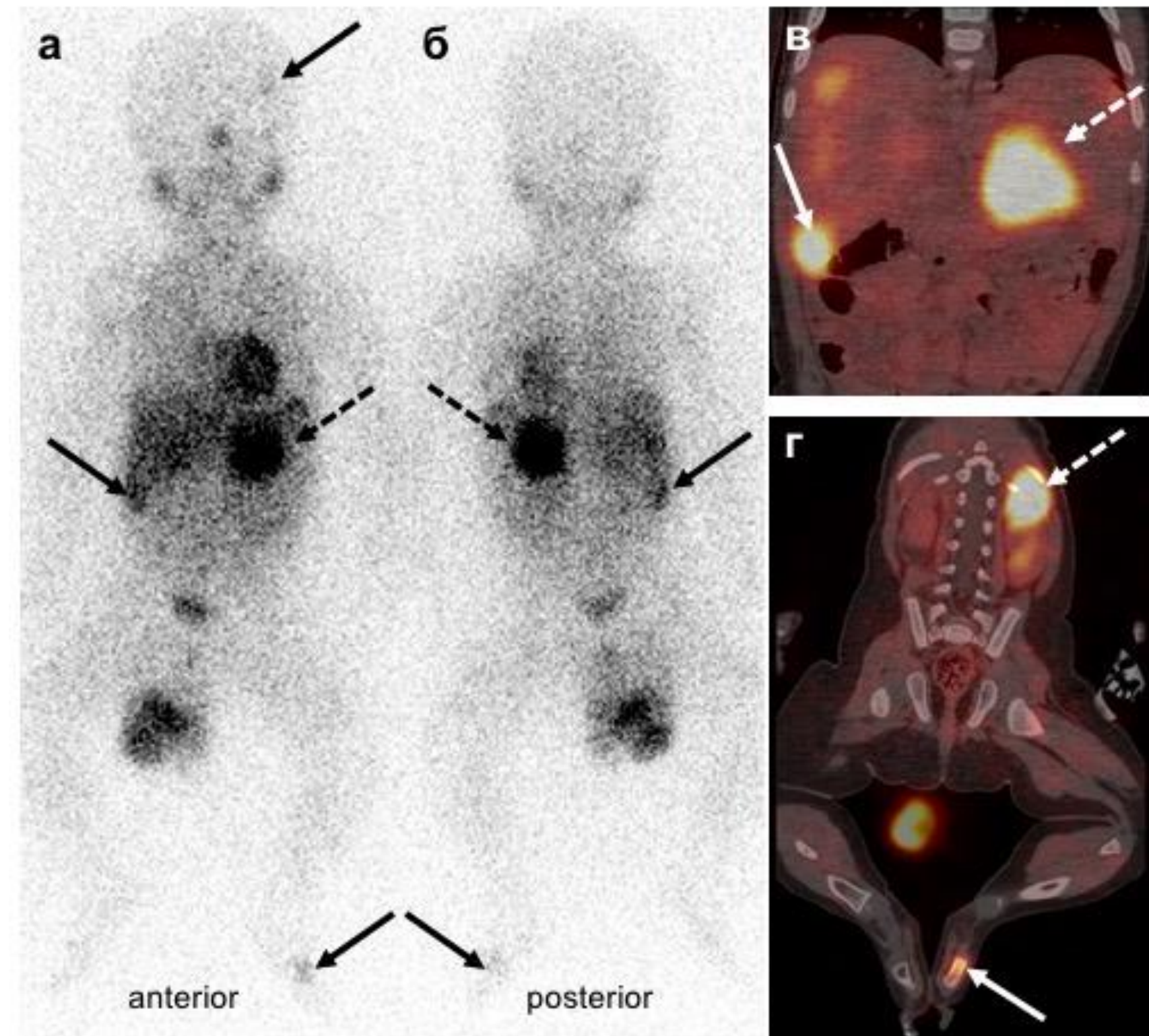
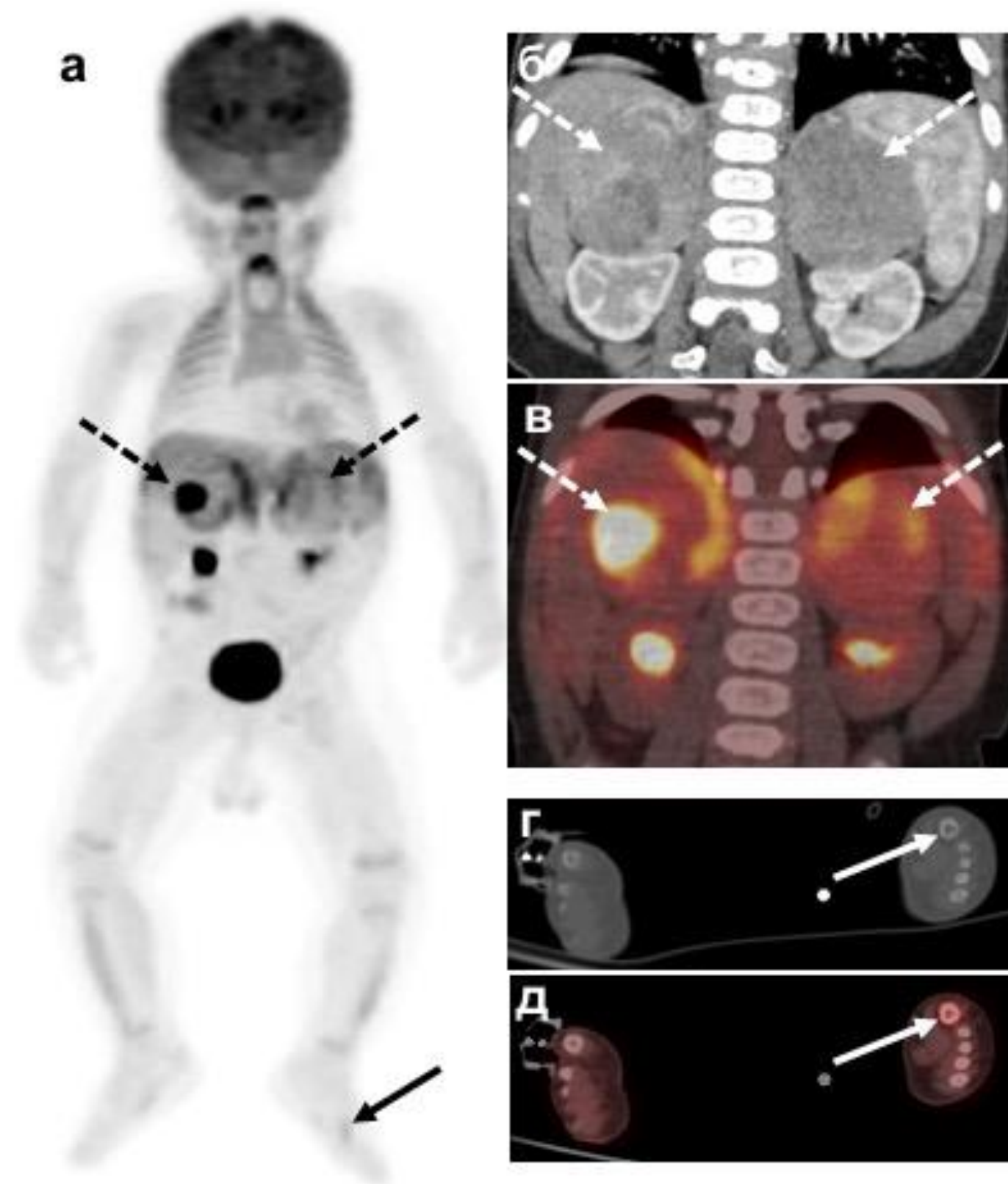


$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP



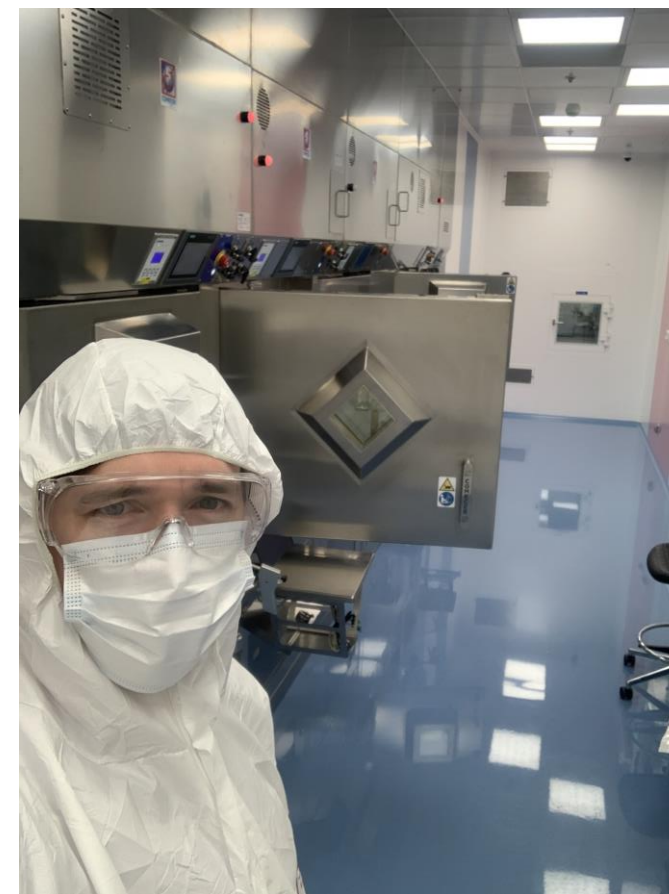
^{123}I -МЙБГ



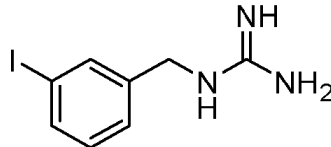
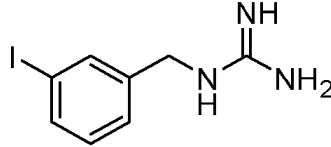
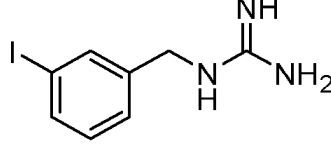
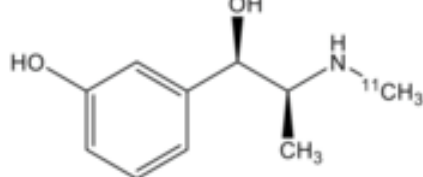
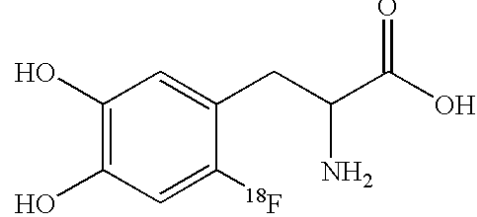
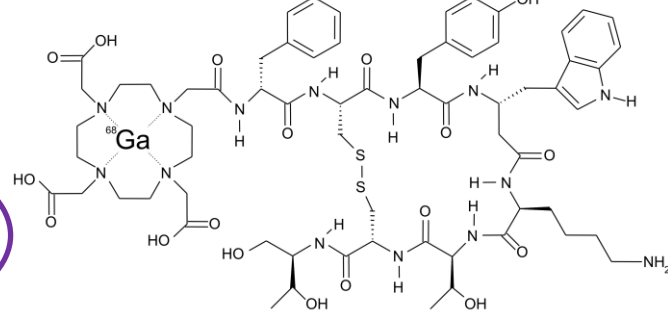
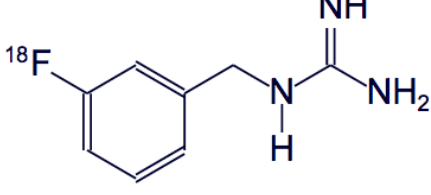




Альтернатива ^{123}I -mIBG (какие перспективы?)

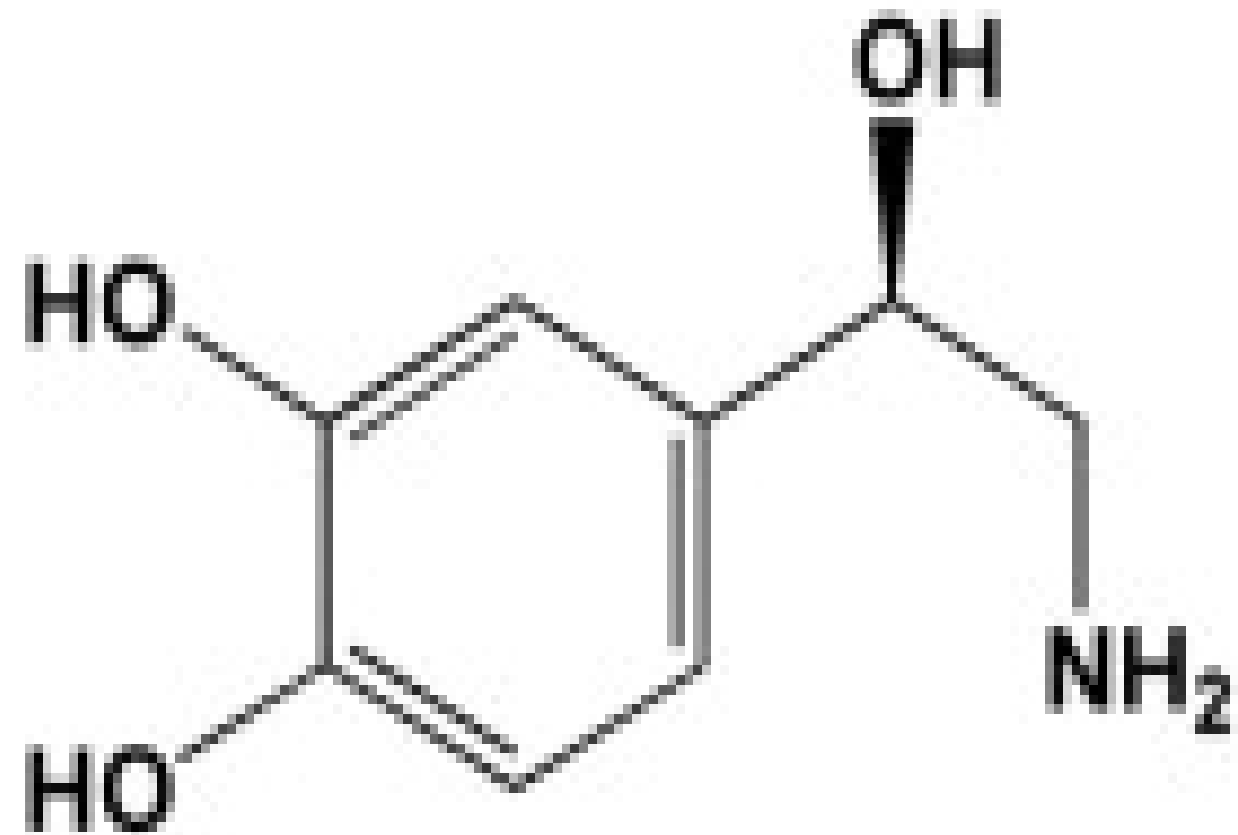




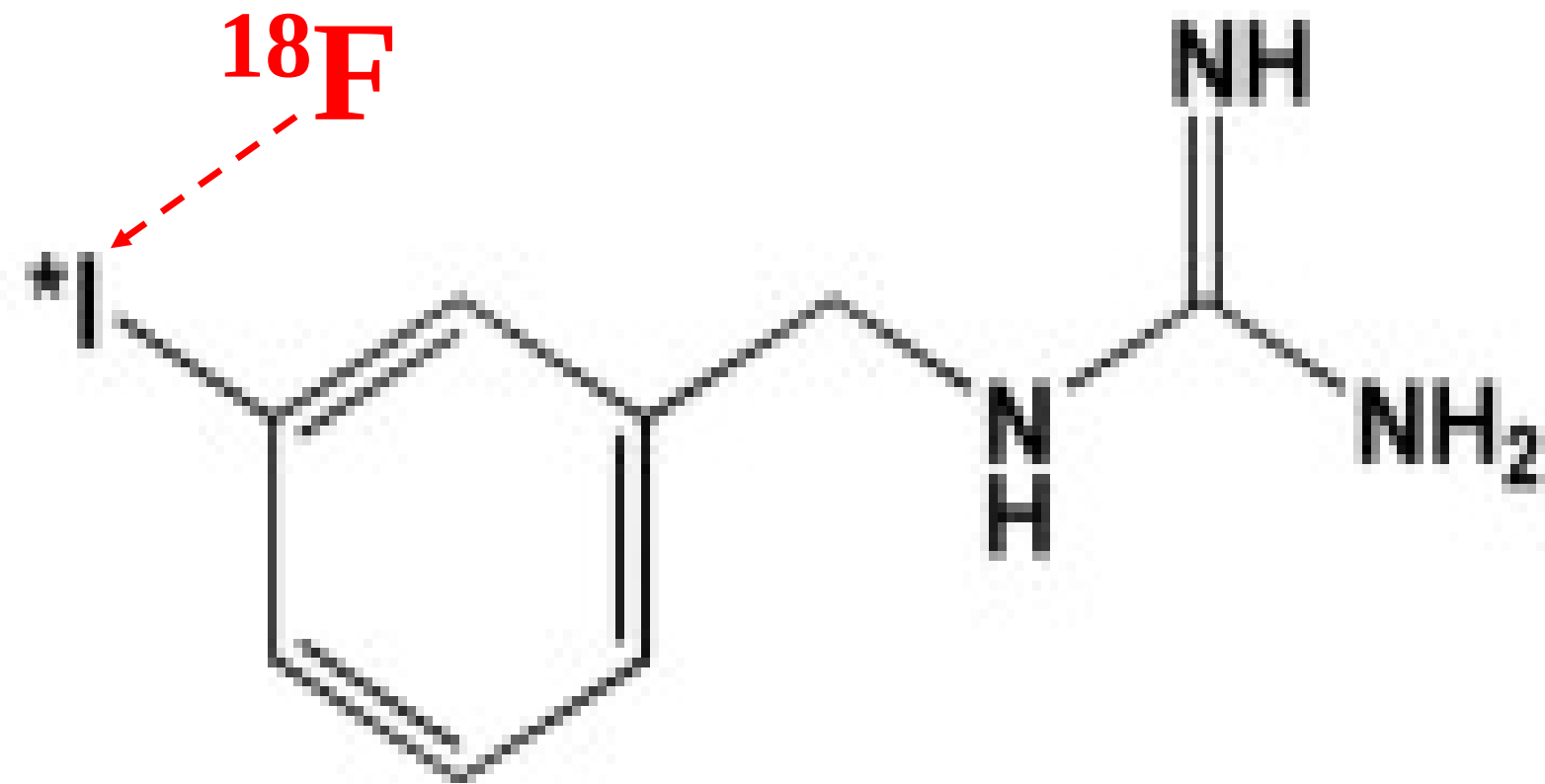
Механизм накопления	РФП	Структура	Методы визуализации	T 1/2
Метаболизм катехоламинов	^{123}I -МЙБГ		Сцинтиграфия (+ОФЭКТ)	13 ч
	^{131}I -МЙБГ		Сцинтиграфия (+ОФЭКТ) терапия	8 дней
	^{124}I -МЙБГ		ПЭТ	4 дня
	^{11}C -HED		ПЭТ	20 мин
	^{18}F -FDOPA		ПЭТ	110 мин
Захват соматостатинов	^{68}Ga -DOTA-peptides		ПЭТ	68 мин
	^{177}Lu -DOTA-peptides		Сцинтиграфия (+ОФЭКТ/КТ) терапия	
Метаболизм катехоламинов	^{18}F -MFBG		ПЭТ	110 мин



норадреналин



метайодбензилгуанидин (МЙБГ)



МЙБГ = *I = ^{131}I или ^{123}I или ^{124}I



Мета-фторбензилгуанидин (^{18}F -MFBG)

NIH Public Access

Author Manuscript

Eur J Nucl Med Mol Imaging. Author manuscript; available in PMC 2015 February 01.

Published in final edited form as:

Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2014 February ; 41(2): 322–332. doi:10.1007/s00259-013-2558-9.

Synthesis and Evaluation of [^{18}F]Fluorine-labeled Benzylguanidine Analogs for Targeting the Human Norepinephrine Transporter

Hanwen Zhang¹, Ruimin Huang¹, NagaVaraKishore Pillarsetty¹, Daniel LJ Thorek¹, Ganesan Vaidyanathan⁴, Inna Serganova², Ronald G. Blasberg^{1,2,3}, and Jason S. Lewis^{*,1,3}

¹Department of Radiology, Memorial Sloan-Kettering Cancer Center (MSKCC), New York, NY 10065.

²Department of Neurology, Memorial Sloan-Kettering Cancer Center (MSKCC), New York, NY 10065.

³Department of Molecular Pharmacology & Chemistry Program, Memorial Sloan-Kettering Cancer Center (MSKCC), New York, NY 10065.

⁴Department of Radiology, Duke University School of Medicine, Durham, NC 27710.

Zhang et al.

Page 12

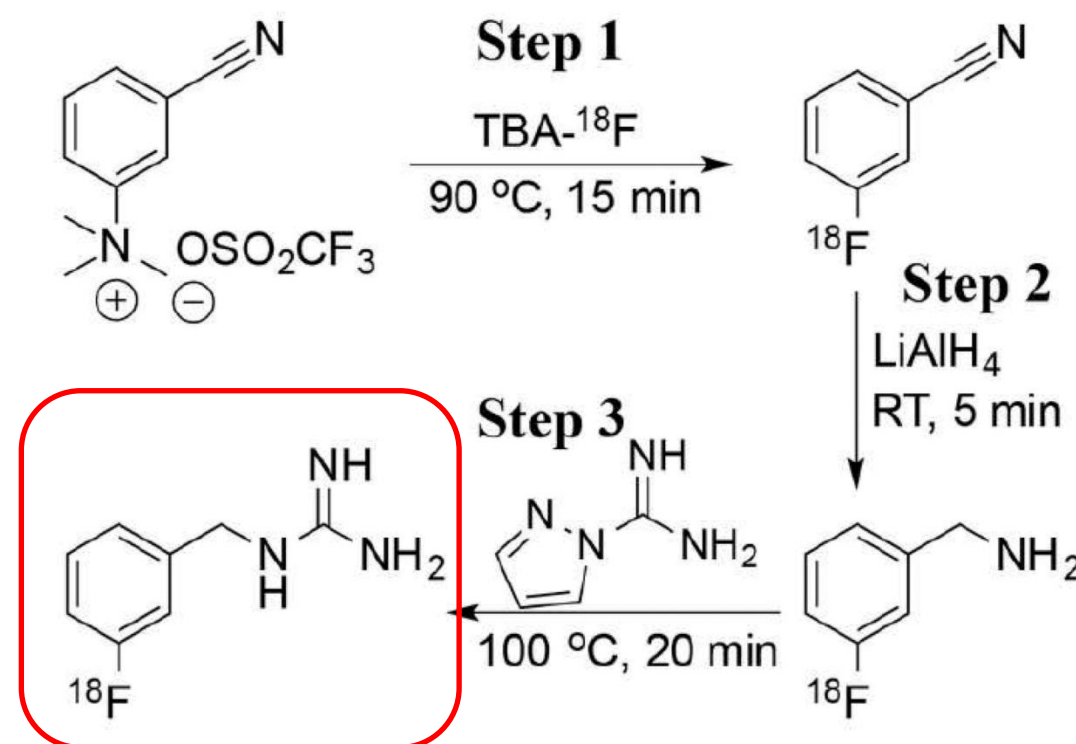


Figure 1. Synthetic scheme for radiolabeling benzylguanidine analogs ([^{18}F]MFBG).

Zhang et al.

Page 14

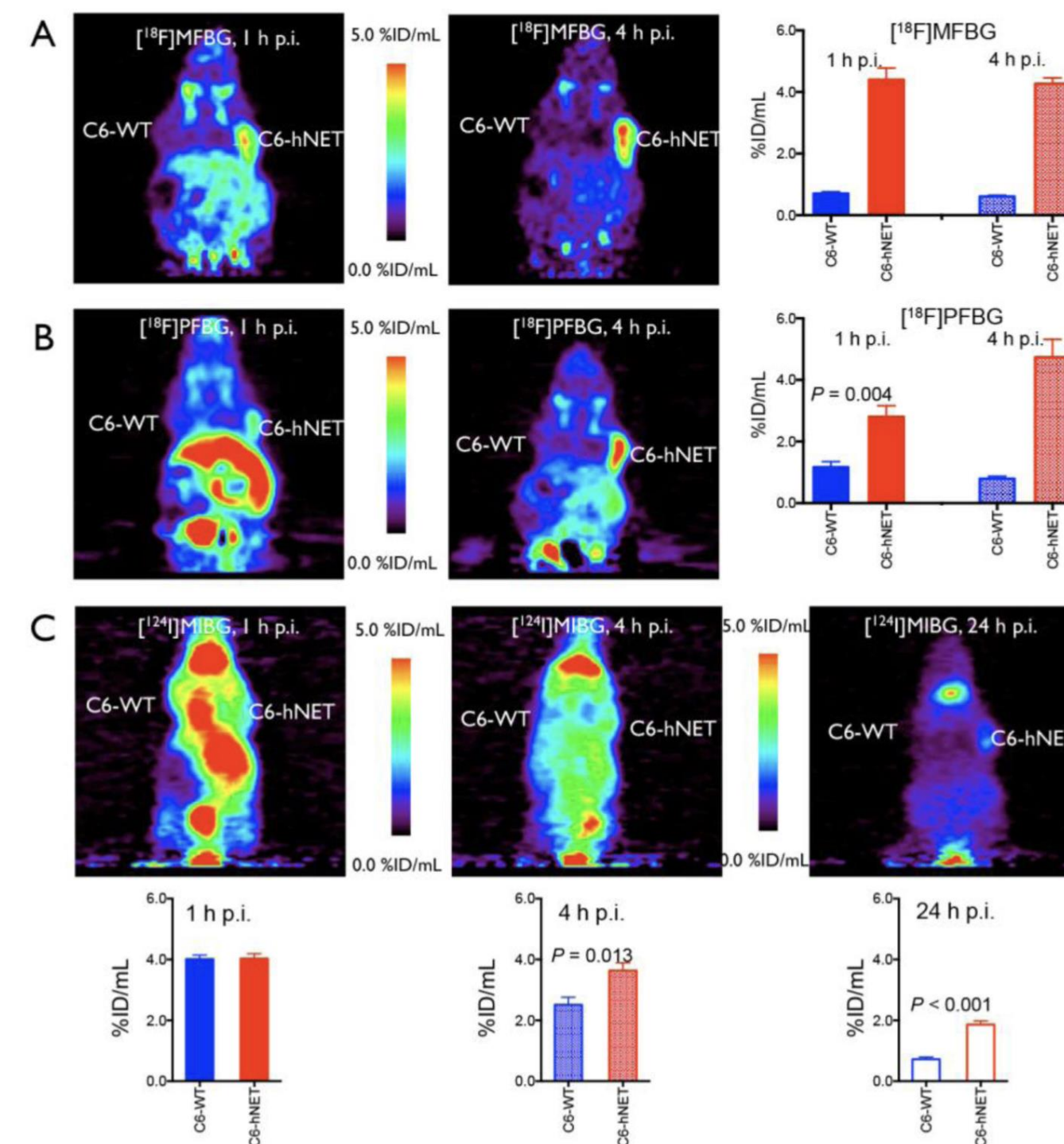


Figure 3. In vivo accumulation of [^{18}F]MFBG, [^{18}F]PFBG and [^{124}I]MIBG in animals bearing dual xenografts (C6-hNET (right) and C6-WT (left)).



Мета-фторбензилгуанидин (^{18}F -MFBG)



[J Nucl Med.](#) 2018 Jan; 59(1): 147–153.

doi: [10.2967/jnumed.117.193169](#)

PMCID: PMC5750519

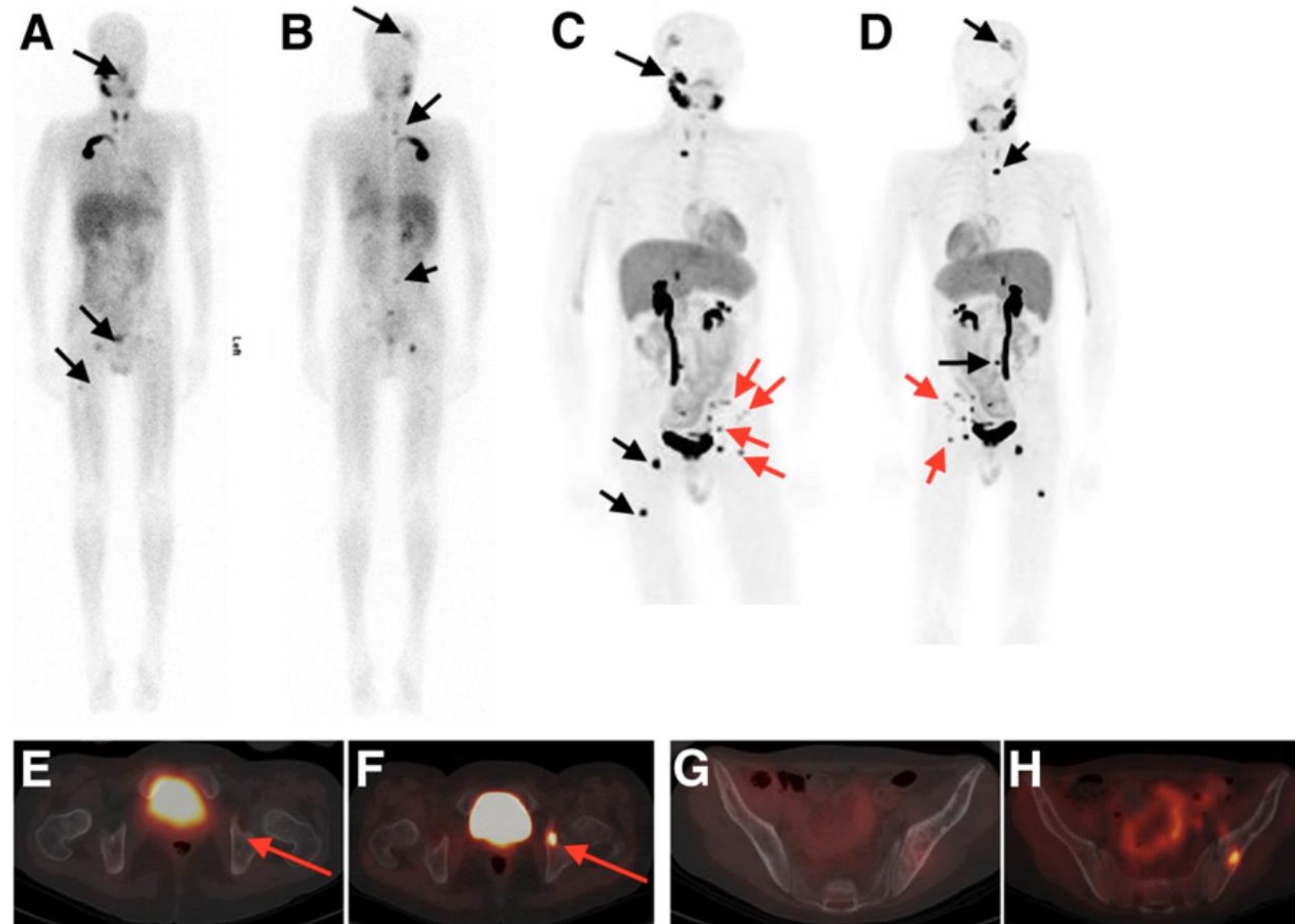
PMID: [28705916](#)

Biodistribution and Dosimetry of ^{18}F -Meta-Fluorobenzylguanidine: A First-in-Human PET/CT Imaging Study of Patients with Neuroendocrine Malignancies

[Neeta Pandit-Taskar](#),^{1,2} [Pat Zanzonico](#),³ [Kevin D. Staton](#),⁴ [Jorge A. Carrasquillo](#),^{1,2} [Diane Reidy-Lagunes](#),⁵ [Serge Lyashchenko](#),^{4,6} [Eva Burnazi](#),^{4,5} [Hanwen Zhang](#),⁴ [Jason S. Lewis](#),^{4,6} [Ronald Blasberg](#),^{6,7} [Steven M. Larson](#),^{1,2,6} [Wolfgang A. Weber](#),¹ and [Shakeel Modak](#)⁸

На 10 пациентах

- ✓ Безопасность
- ✓ Выполнимость
- ✓ Фармакокинетику
- ✓ Дозиметрию





^{123}I -MIBG vs ^{18}F -MFBG

European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (2023) 50:1134–1145
<https://doi.org/10.1007/s00259-022-06046-7>

ORIGINAL ARTICLE



^{18}F MFBG PET imaging: biodistribution, pharmacokinetics, and comparison with ^{123}I MIBG in neural crest tumour patients

Elin Pauwels^{1,2} · Sofie Celen³ · Kristof Baete^{1,2} · Michel Koole^{1,2} · Oliver Bechter⁴ · Marie Bex⁵ · Marleen Renard⁶ · Paul M. Clement⁴ · Sander Jentjens^{1,2} · Kim Serdons^{1,2} · Koen Van Laere^{1,2} · Guy Bormans³ · Christophe M. Deroose^{1,2}

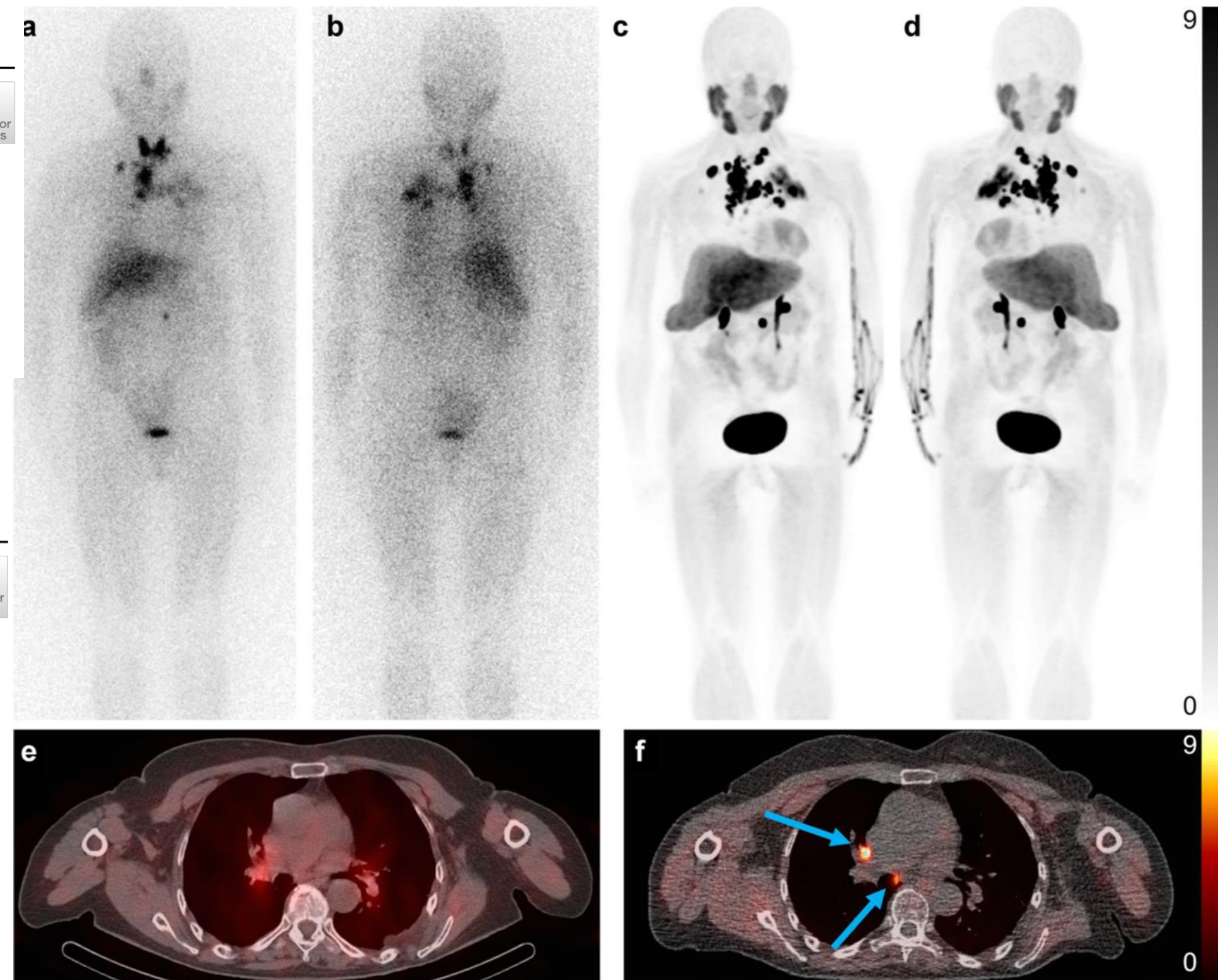
European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (2023) 50:1146–1157
<https://doi.org/10.1007/s00259-022-06063-6>

ORIGINAL ARTICLE



^{18}F mFBG PET-CT for detection and localisation of neuroblastoma: a prospective pilot study

Atia Samim^{1,2} · Thomas Blom^{1,2} · Alex J. Poot^{1,2} · Albert D. Windhorst³ · Marta Fiocco^{1,4} · Nelleke Tolboom^{1,2} · Arthur J. A. T. Braat^{1,2} · Sebastiaan L. Meyer Viol^{1,2} · Rob van Rooij^{1,2} · Max M. van Noesel^{1,2} · Marnix G. E. H. Lam^{1,2} · Godelieve A. M. Tytgat^{1,2} · Bart de Keizer^{1,2}





^{123}I -MIBG vs ^{18}F -MFBG



Lesion Analysis of ^{18}F -Metafluorobenzylguanidine PET Imaging in Neuroblastoma

Neeta Pandit-Taskar, Ellen Basu, Ali Pirasteh, Gerald Behr, Audrey Mauguen, Jazmin Schwartz, Serge Lyashchenko, Scott Vietri, Eva Burnazi, Anita P. Price and Shakeel Modak

Journal of Nuclear Medicine September 2025, jnumed.125.269833; DOI: <https://doi.org/10.2967/jnumed.125.269833>

Материалы и методы

37 пациентов (40 исследований)

Пациенты с рецидивом или рефрактерным течением

Вводимая активность 74 – 465 МБк

Интервал между исследованиями 4 недели (без терапии)

Результаты

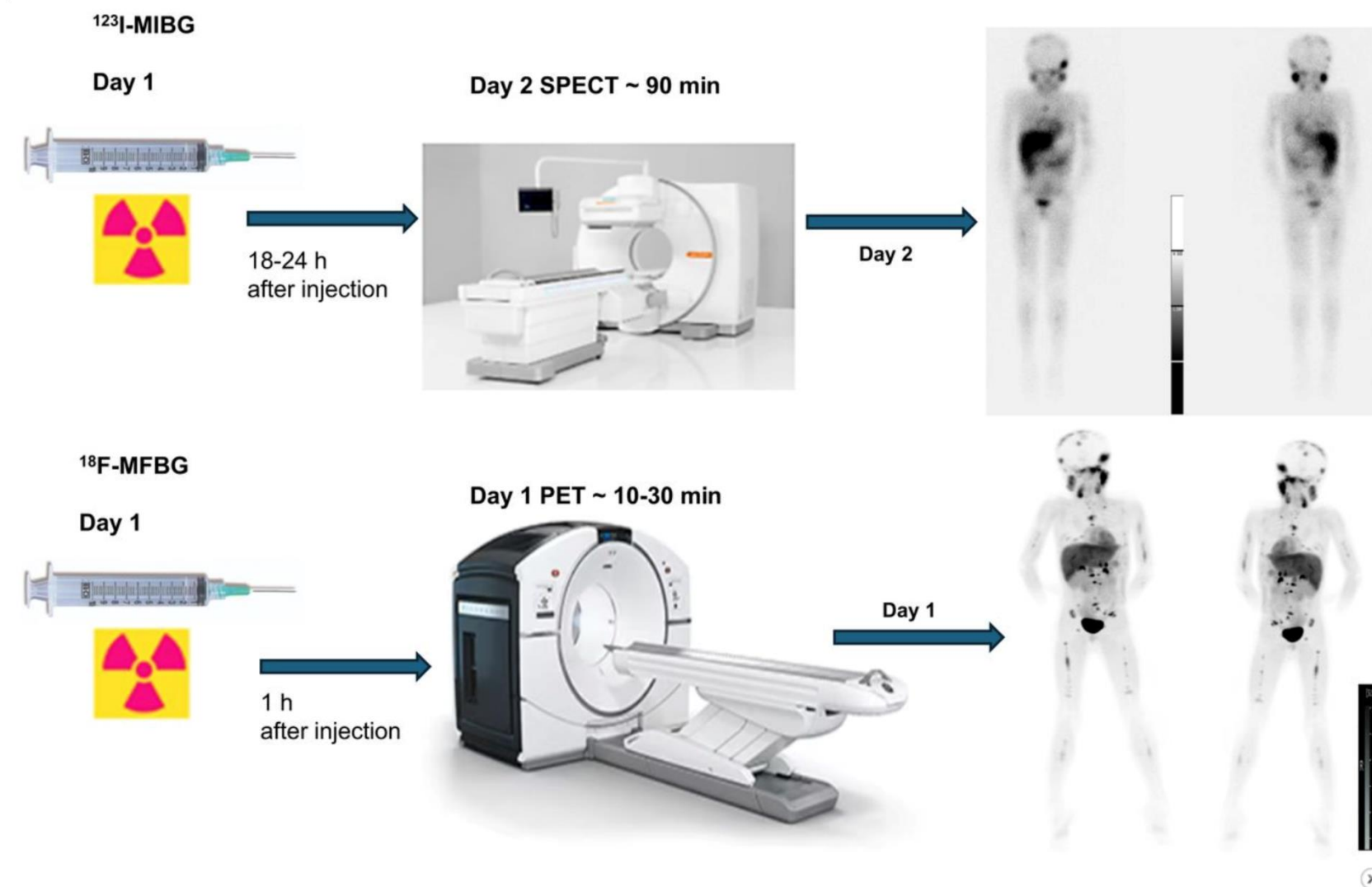
Все у кого были очаги при ^{123}I -mIBG были и при ^{18}F -mFBG

2 пациента были негативны при обоих методах

У 1 пациента были выявлены очаги при ^{18}F -mFBG но нет ^{123}I -mIBG!!!

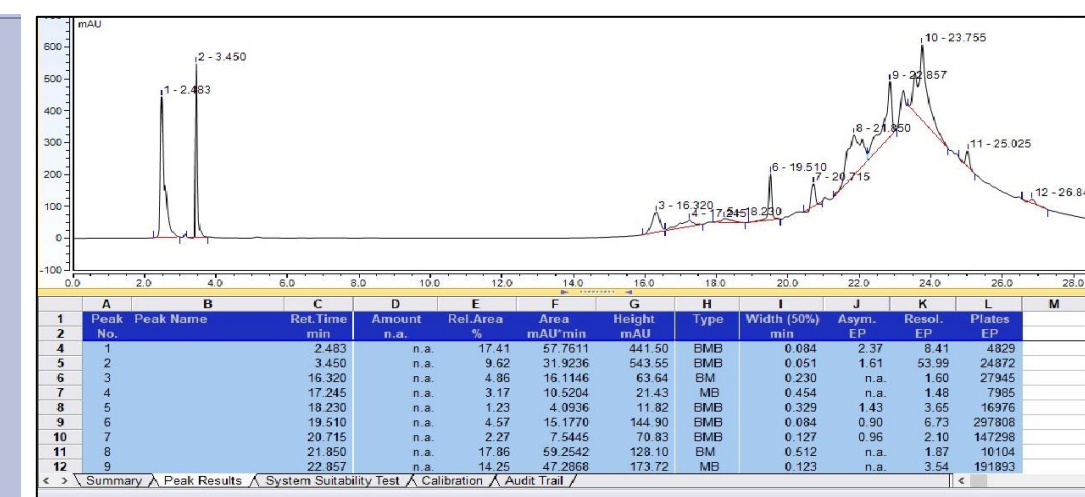
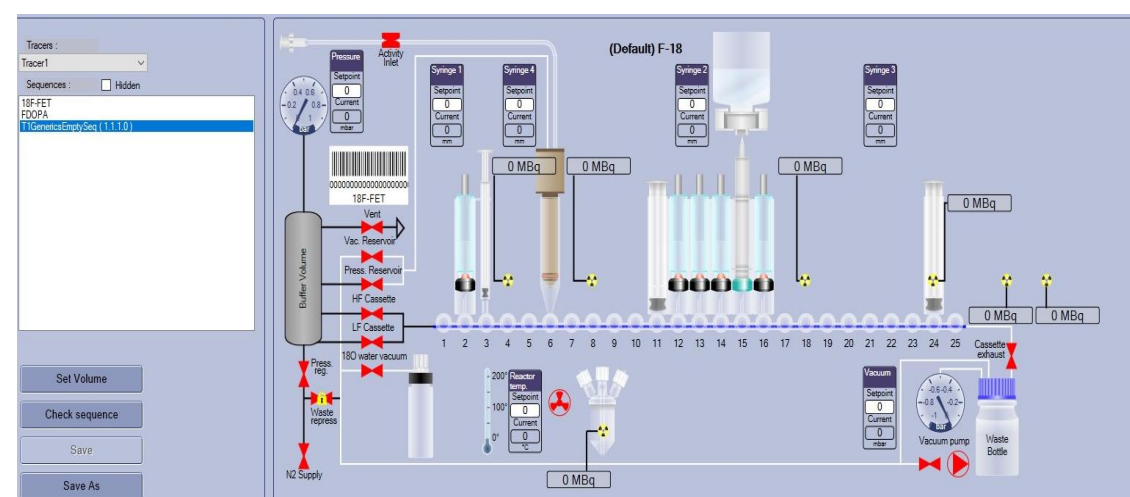
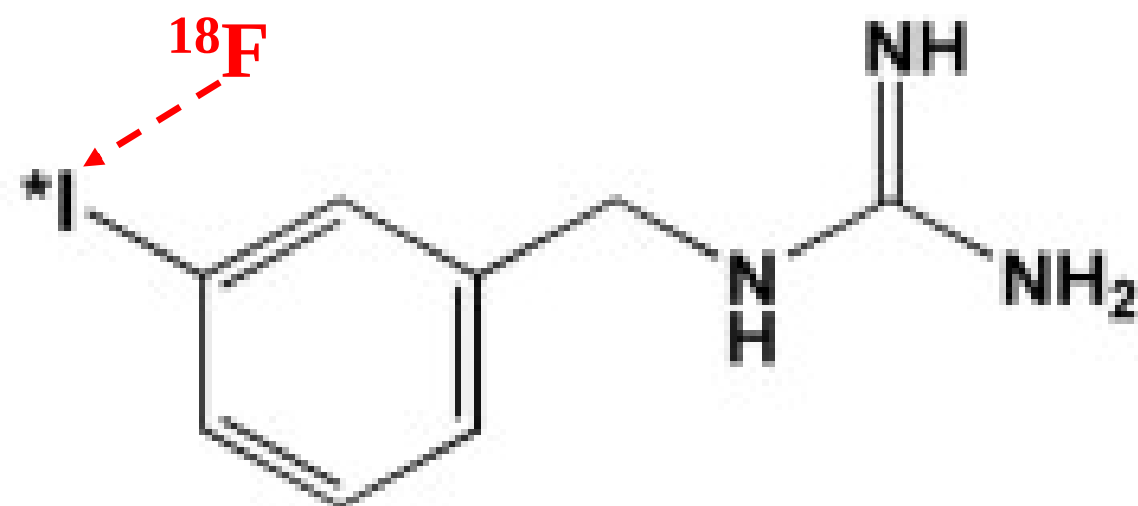
Количество выявленных очагов было больше при ^{18}F -mFBG (0-61) чем

при ^{123}I -mIBG (0-44)





Синтез мета-фторбензилгуанидин (^{18}F -MFBG) для ПЭТ/КТ как альтернатива ^{123}I -mIBG

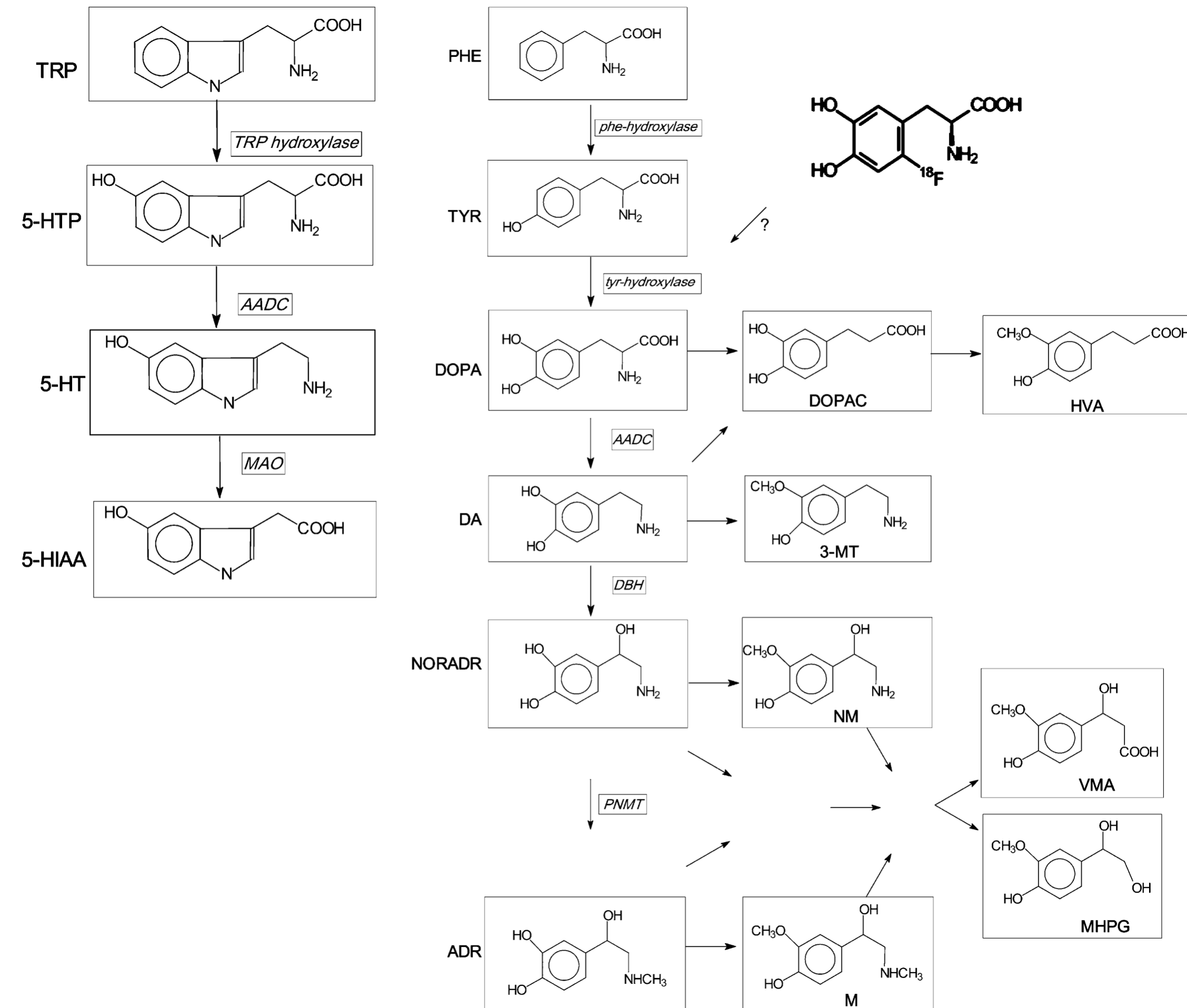


МЙБГ = *I = ^{131}I или ^{123}I или ^{124}I

- ✓ Прописана химическая последовательность синтеза
- ✓ Проведены тестовые синтезы ^{18}F -mFBG
- ✓ Выполнена подготовка оборудования лаборатории синтеза и КК
- ✓ При контроле качества в готовом препарате много токсических химических растворителей
- ✓ Нужен модуль синтеза и очистки с HPLC !!!

□ В качестве альтернативы рассматривается вариант изготовления и применения ^{18}F -DOPA у пациентов с нейробластомой

^{18}F -ДОФА (ДОФА)



Под действием декарбоксилазы ароматических аминокислот (AADC),

образуются радиоактивные метаболиты:

3-О-метил- ^{18}F -ДОФА;

6- ^{18}F -фтордопамин;

L-3,4-дигидрокси-6- ^{18}F -фторфенилуксусная кислота;

8- ^{18}F -фторгомованиловая кислота;

Bar-Sever Z et al. Guidelines on nuclear medicine imaging in neuroblastoma. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2018;45:2009–24.

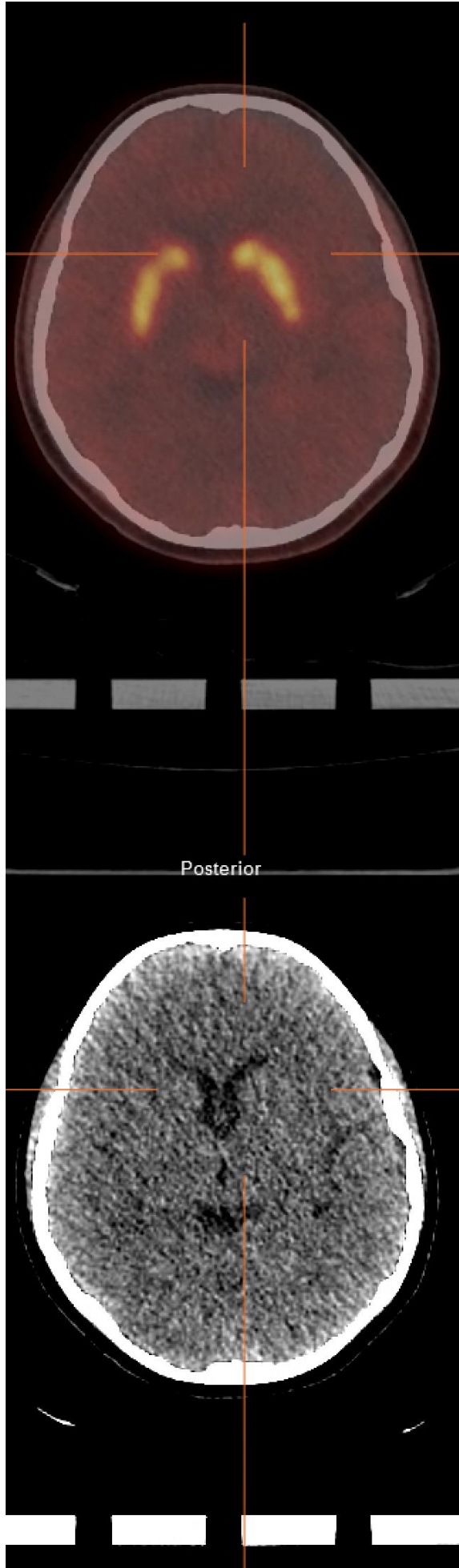
doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2024.09.004

DOI: 10.2967/jnumed.119.232553

doi.org/10.1007/s00259-023-06486-9



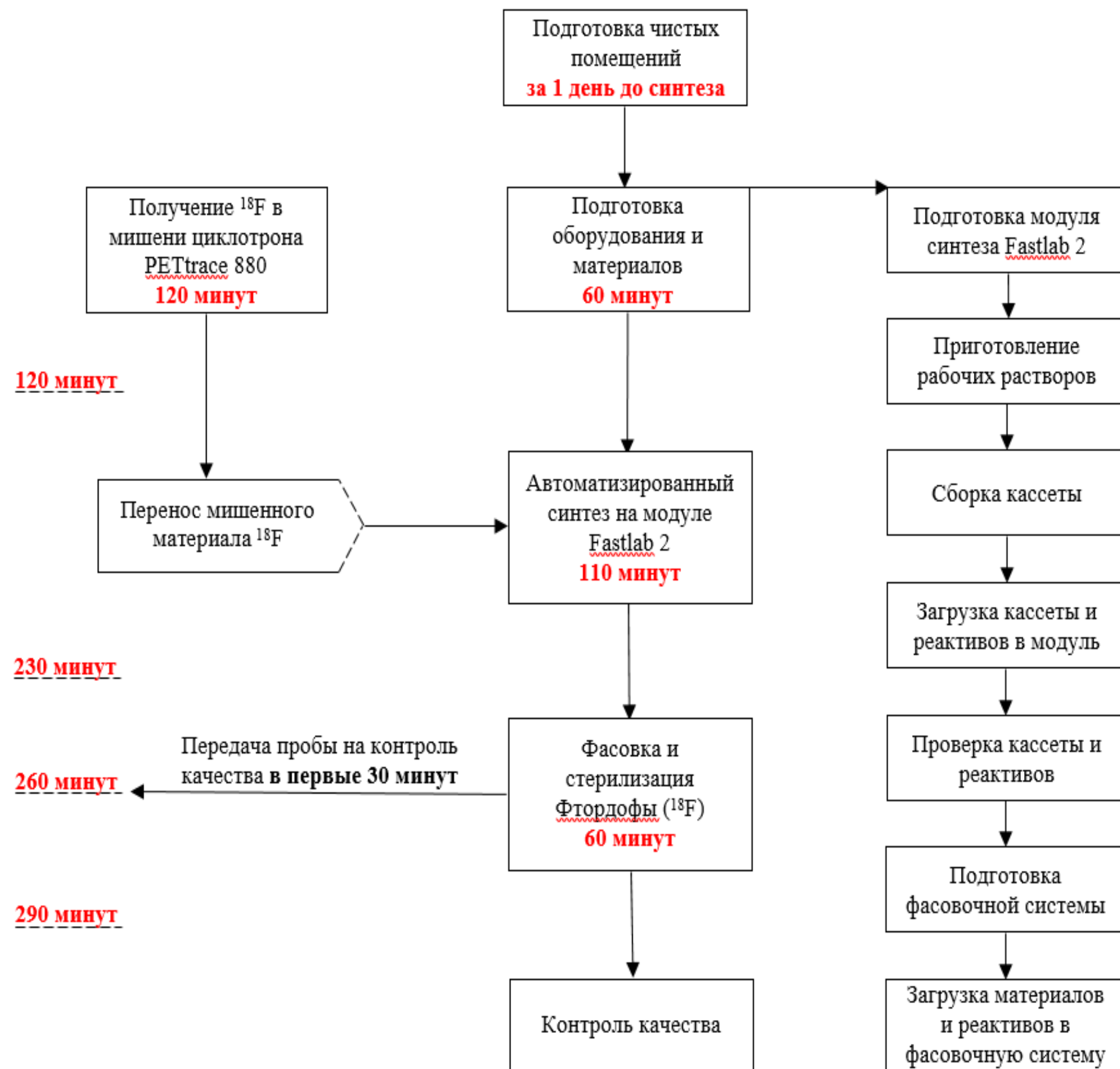
Нормальное биораспределение ¹⁸F-ДОФА



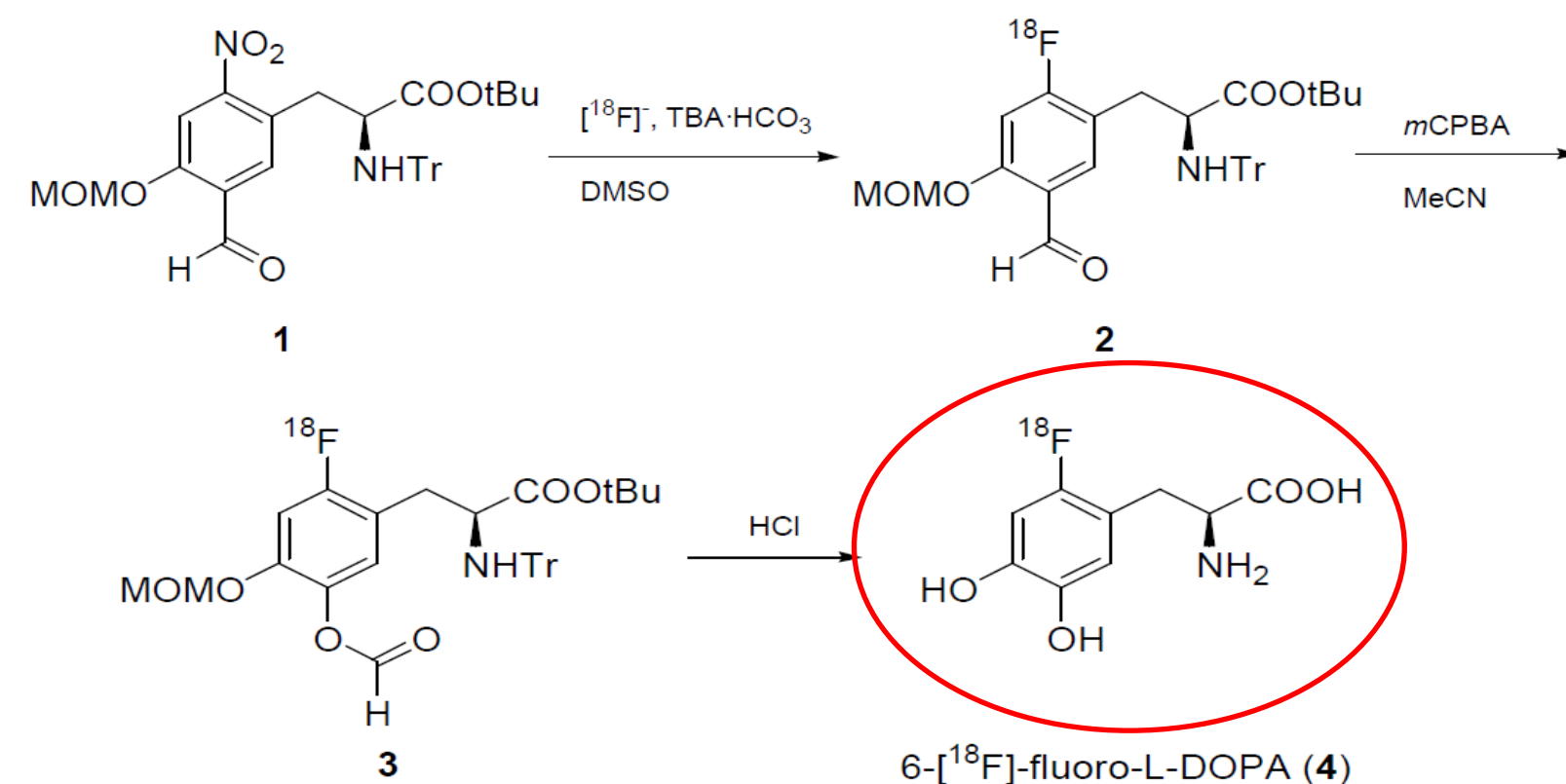
Интенсивность накопления	Нормальное биораспределение
Низкое накопление (mild uptake)	Миокард, печень, кишечник, надпочечники (реже в 12-ти перстной кишке, молочных железах, ротовой полости)
Среднее накопление (moderate uptake)	«Corpus striatum» в состав входит хвостатое ядро и чечевицеобразное ядро, отделенные капсулами; поджелудочная железа (особенно крючковидный отросток)
Интенсивное накопление (intense uptake)	Желчный пузырь и желчевыводящие пути, мочевыводящие пути



Технологический процесс изготовления « ^{18}F - ДОФА»



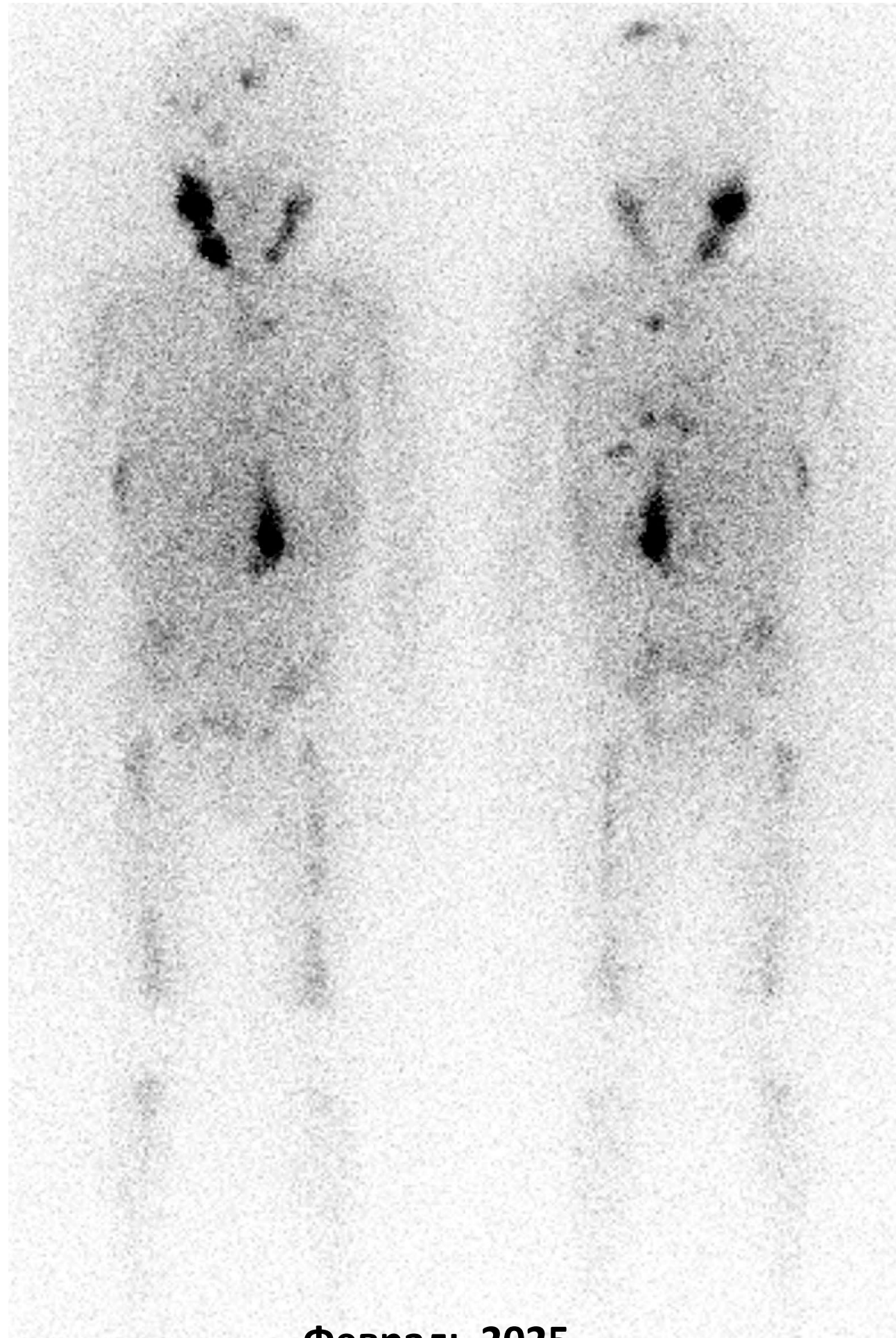
- Время начала технологического процесса - 5:00 утра;
- Общее время технологического процесса изготовления и фасовки до 5 часов;
- Выход химической реакции $\sim 13\%$;
- Время передачи пробы на контроль качества – 10:30



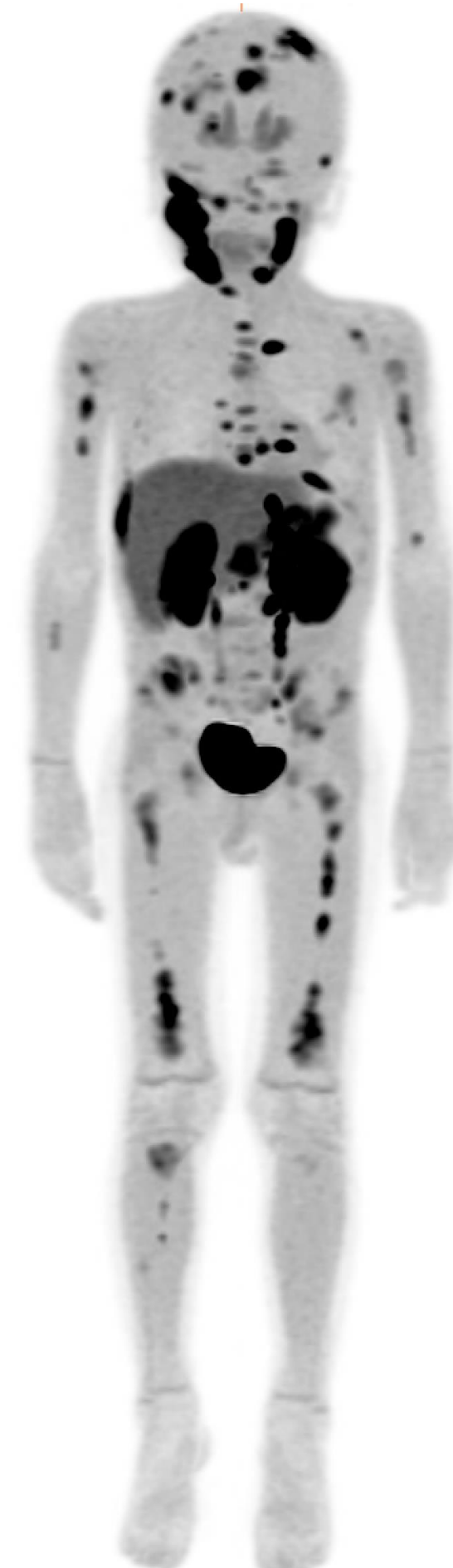


Сцинтиграфия	¹²³ I-МЙБГ	ПЭТ/КТ	¹⁸ F-ДОФА
Активность	5 МБк/кг; минимум > 1mCi	Активность	4 МБк/кг
Подготовка	Голод 6 часов, р-р Люголя	Подготовка	Голод 6 часов
Аппарат	Discovery NM/CT 670	Аппарат	Discovery MI
Начало	24 часа после введения	Начало	45-75 мин после введения
Время исследования	60-90 и даже 120 минут	Время исследования	2 минуты на кровать (15-40мин)
Область исследования	Все тело (планарные изображения) ОФЭКТ/КТ одной зоны 38см	Область исследования	от макушки до стоп

^{123}I -mIBG vs ^{18}F -DOPA



Февраль 2025



Март 2025



Август 2025

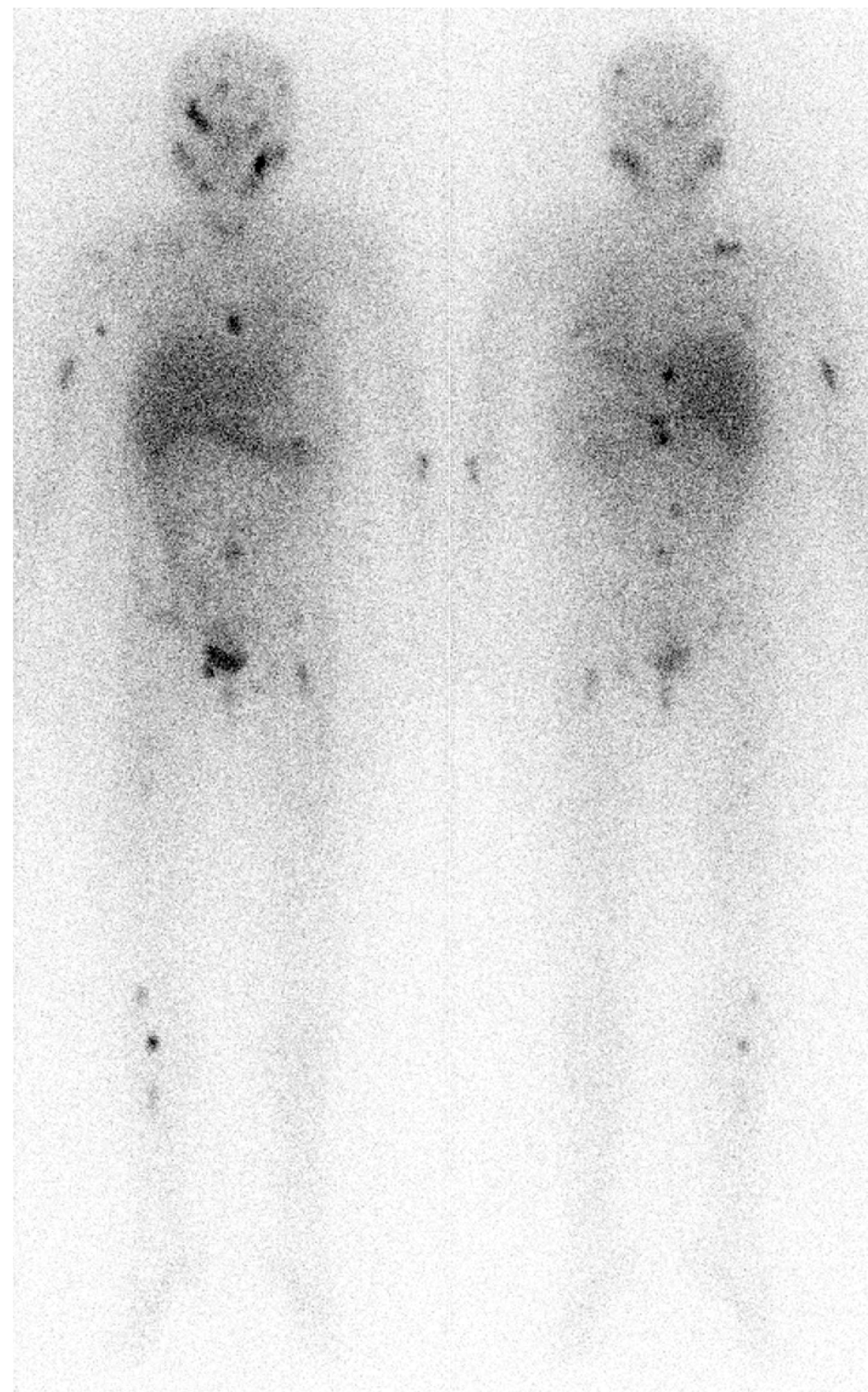


^{18}F -ФДГ



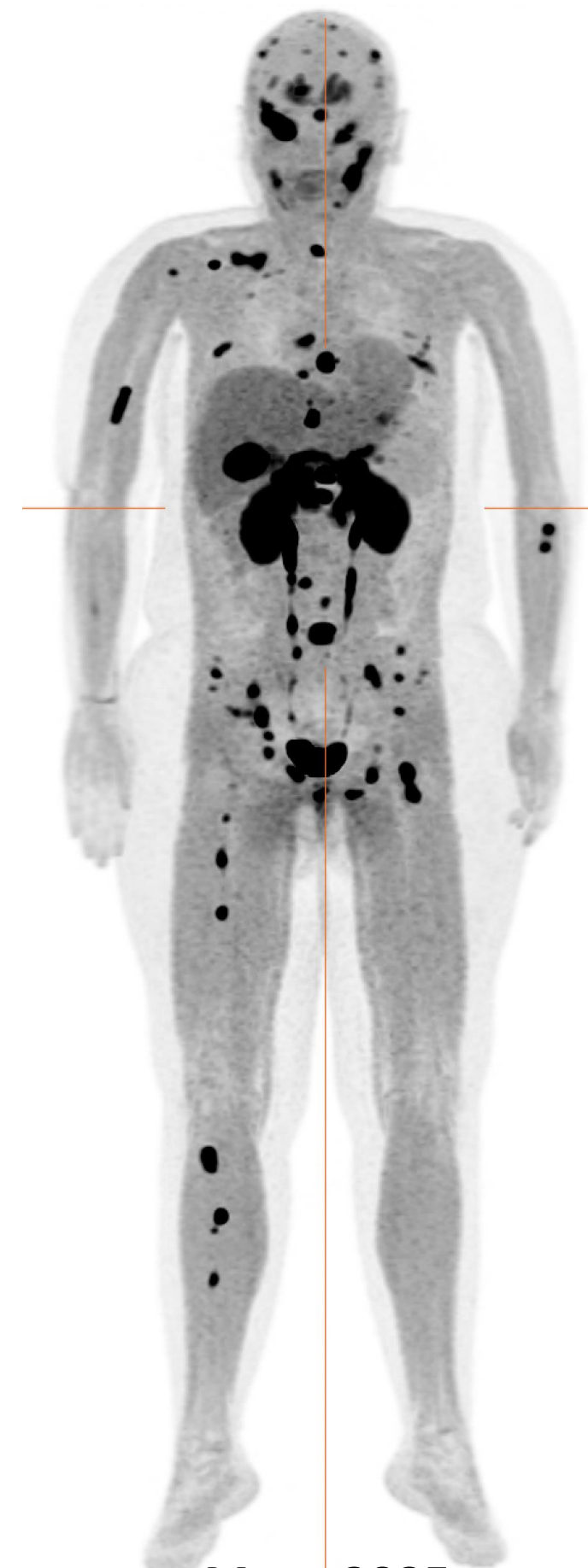
Декабрь 2024

^{123}I -МЙБГ



Январь 2025

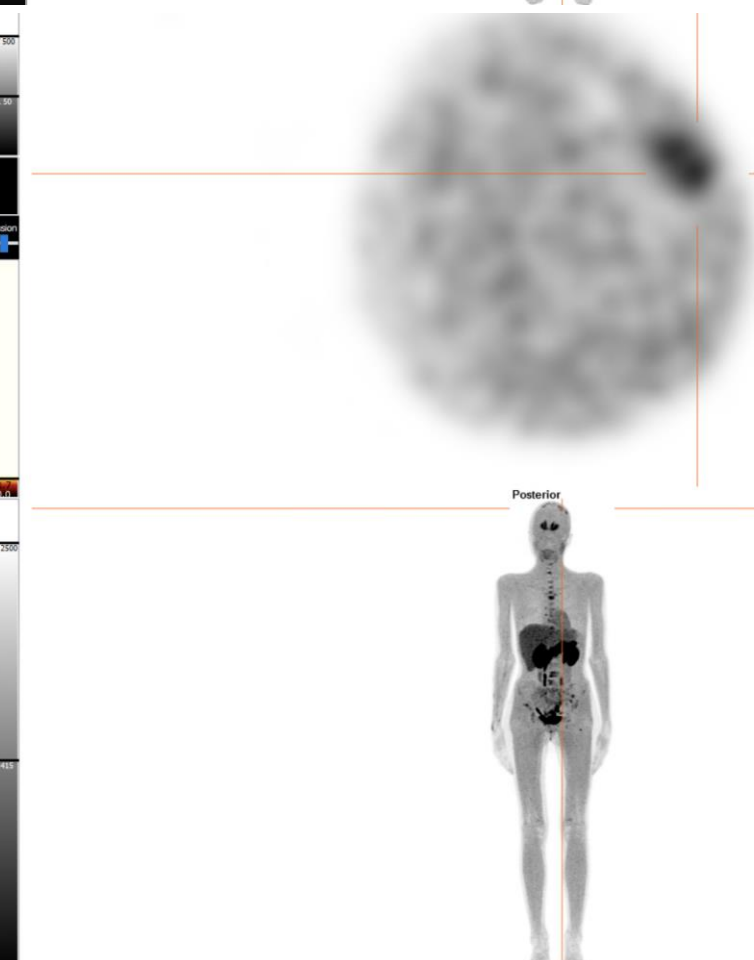
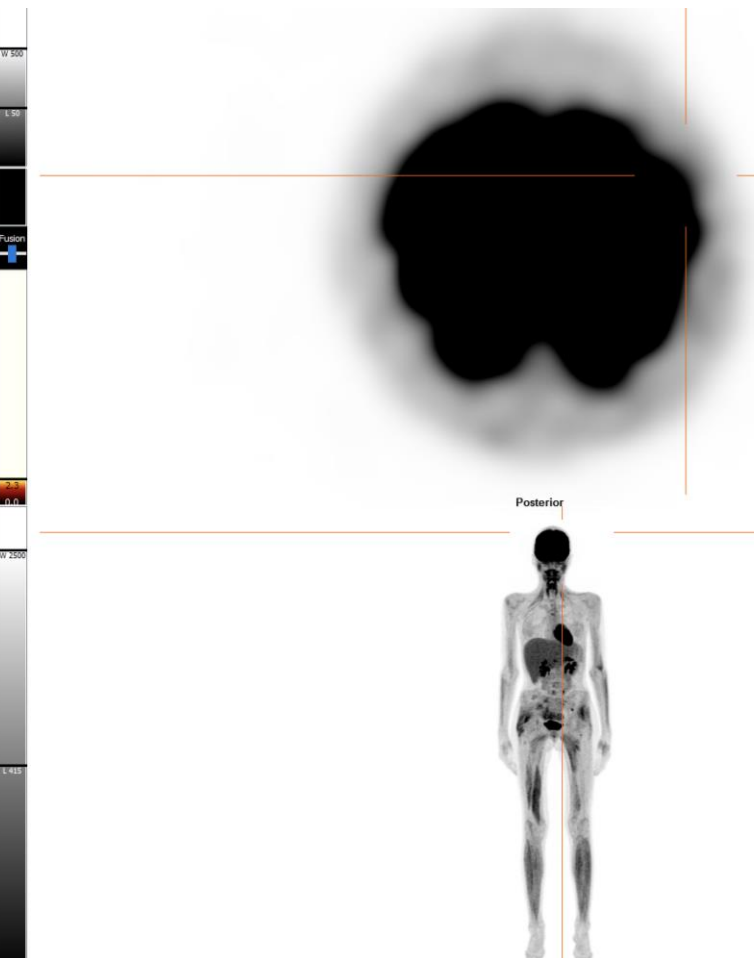
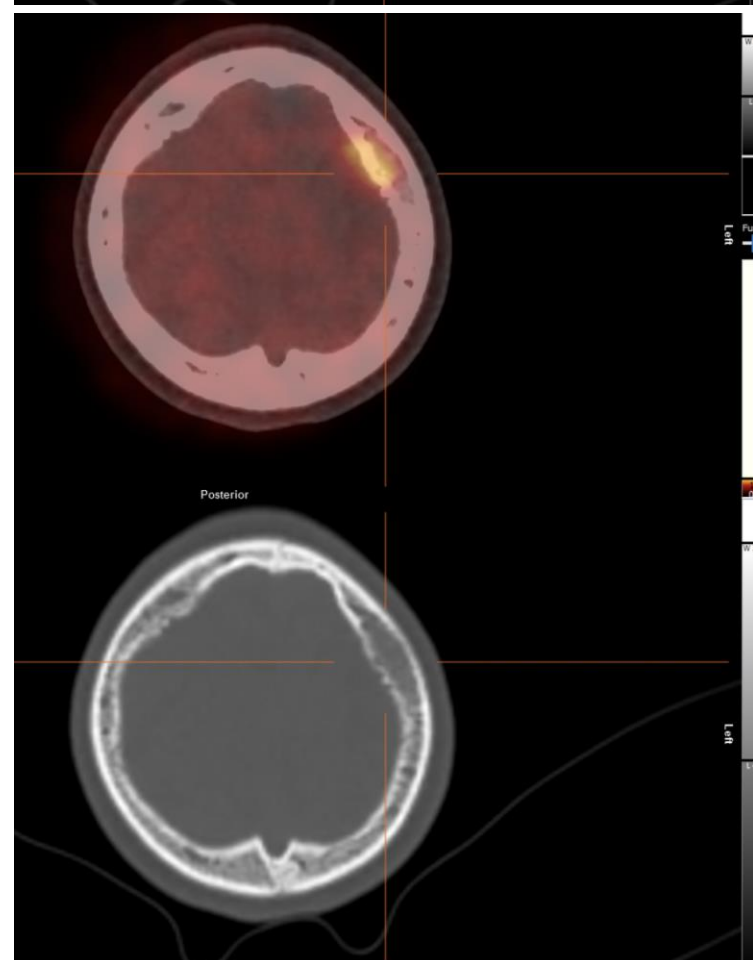
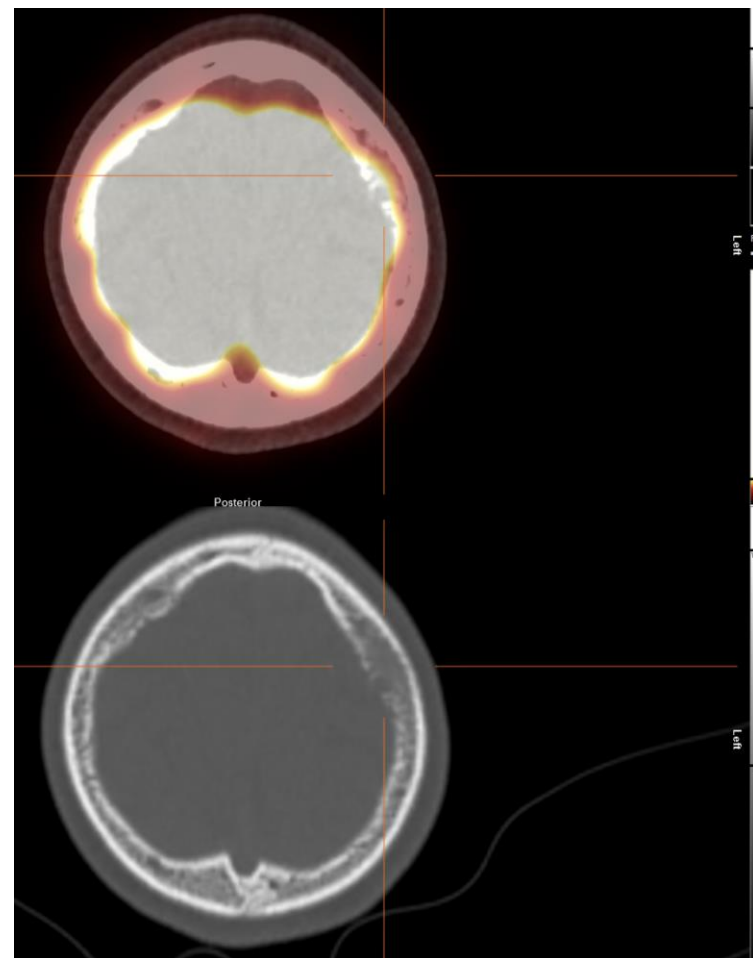
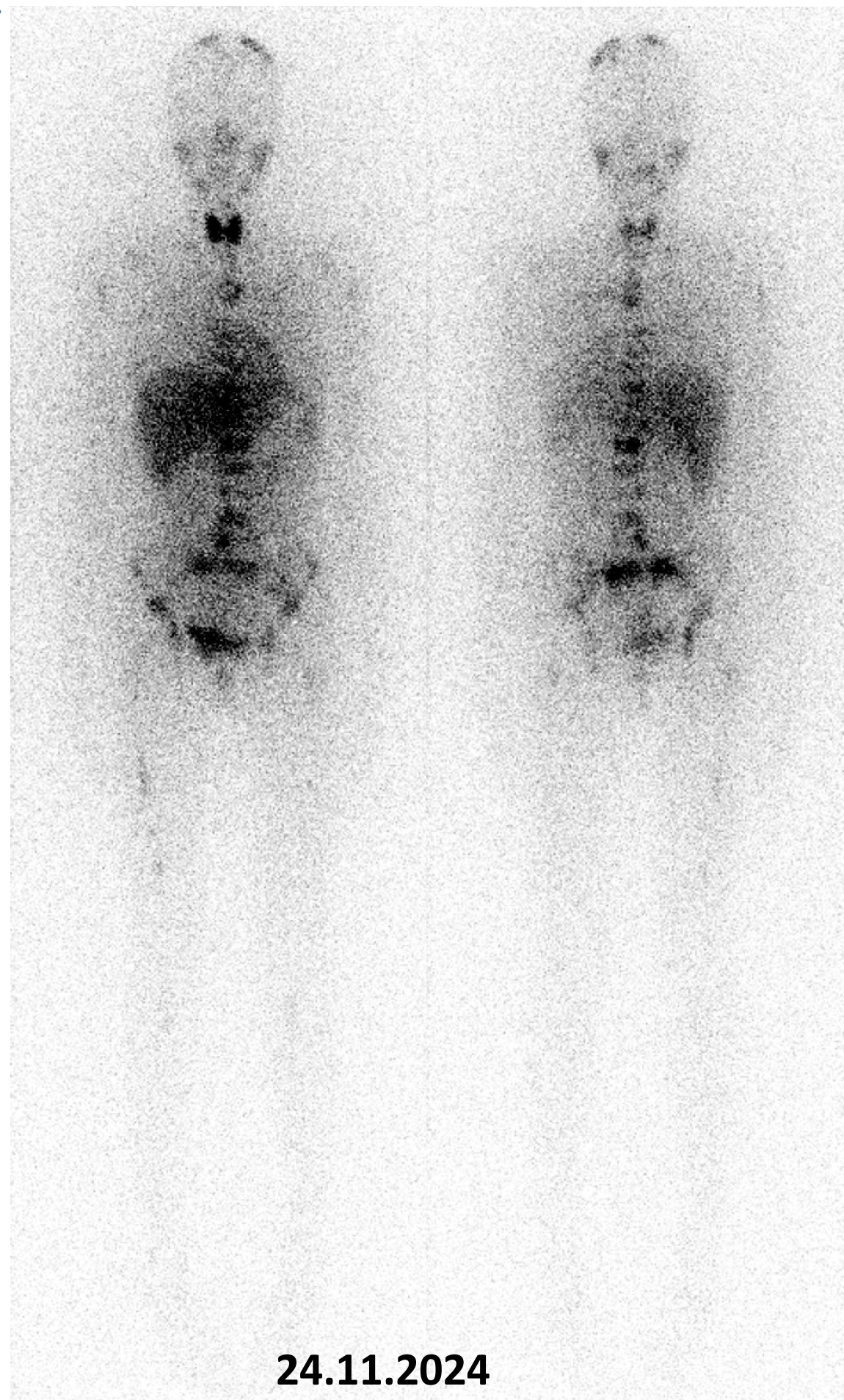
^{18}F -ДОФА



Март 2025



^{123}I -МЙБГ vs ^{18}F -ФДГ vs ^{18}F -ДОФА

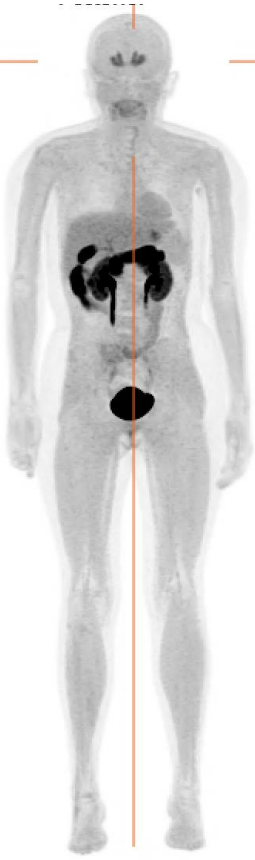
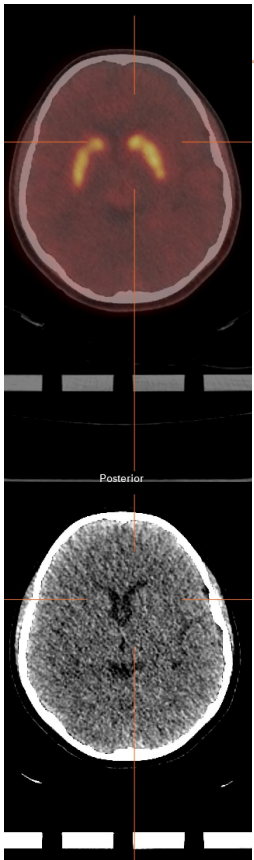


28.02.2025 ^{18}F -ФДГ

18.03.2025 ^{18}F -ДОФА



Нормальное биораспределение ¹⁸F-ДОФА



Интенсивность накопления	Нормальное биораспределение
Низкое накопление (mild uptake)	Миокард, печень, кишечник, надпочечники (реже в 12-ти перстной кишке, молочных железах, ротовой полости)
Среднее накопление (moderate uptake)	«Corpus striatum» в состав входит хвостатое ядро и чечевицеобразное ядро, отделенные капсулами, поджелудочная железа (особенно крючковидный отросток)
Интенсивное накопление (intense uptake)	Желчный пузырь и желчевыводящие пути, мочевыводящие пути





Клинические показания для ^{18}F -ДОФА



Seminars in Nuclear Medicine

Volume 54, Issue 6, November 2024, Pages 845-855



Update on the Role of [^{18}F]FDOPA PET/CT

Gilles N. Stormezand MD, PhD *  , Eline de Meyer PhD *[†], Klaas Pieter Koopmans PhD *,
Adrienne H. Brouwers PhD *, G. Luurtsema PhD *, Rudi A.J.O. Dierckx MD, PhD *

- **Феохромоцитома**
- **Параганглиома**
- **Медулярный рак щитовидной железы**
- **Нейроэндокринные опухоли (ЖКТ)**
- **Врожденный гиперинсулинизм**
- **Болезнь Паркинсона**
- **Опухоли ЦНС**

- **НЕЙРОБЛАСТОМА**



ПЭТ/КТ с ^{18}F -ДОФА, ^{18}F -ФДГ, ^{123}I -mFBG

Прямой номер отделения для записи:

8-495-664-70-87

Если звонить через колл-центр:

8-495-287-65-70, добавочный 4608 или 8202

Почта для проверки направлений или оставить
заявку на запись (если не дозвонились):

pet@dgoi.ru



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- **Когда мы смотрим на роль ядерной медицины при НБ мы понимаем, что у нас были, есть и будут определенные проблемы/трудности и они всегда разные**
- **Нельзя останавливаться, нельзя останавливаться без поиска решений**
- **Только совместная работа врачебного сообщества, родительских организаций и административный ресурс помогут найти и использовать лучшие варианты диагностического и терапевтического потенциала ядерной медицины при ведении пациентов с нейробластомой**

Спасибо!

