

УДК 616.379-008.64-06:617.586-021.4-002-073.916-079.4

<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2025-4-5-13>

## **Дифференциальная диагностика септического и асептического поражений костных структур стоп у пациентов с синдромом диабетической стопы: возможности применения стандартизированного уровня захвата остеотропного радиофармпрепарата**

**Балабенко А.О., Удодов В.Д., Замышевская М.А., Зоркальцев М.А., Завадовская В.Д.**

*Сибирский государственный медицинский университет (СибГМУ)*

*Россия, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2*

### **РЕЗЮМЕ**

**Цель.** Провести исследование с целью расчета показателей стандартизированных уровней захвата (SUV) для костей стоп и определения оптимального типа SUV у пациентов с дегенеративными изменениями и определить возможности количественной оценки однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ/КТ) у пациентов с синдромом диабетической стопы осложненным остеомиелитом.

**Материалы и методы.** Дизайн исследования – проспективное. Пациентам с документально подтвержденным клиническим диагнозом диабетической стопы и наличием остеомиелита или подозрением на его наличие было проведено ОФЭКТ/КТ сканирование после внутривенного ведения радиофармпрепарата ( $^{99m}\text{Tc}$  – пирфотех). Расчет показателей стандартизированных уровней захвата: среднего SUV (mean), максимального SUV (max) и пикового SUV (peak) производился при помощи программного обеспечения SyngoVia. Для вычисления порогового значения стандартизированного уровня захвата выполнялся ROC-анализ с последующим расчетом площади под ROC-кривой.

**Результаты.** Обследованы 48 пациентов (28 с септическим поражением и 20 с асептическим поражением стоп). Расчеты показали, что статистически значимых отличий между значениями SUV (max, mean, peak) септического и асептического поражения не выявлено, при этом наибольшей площадью под ROC-кривой обладает стандартизированный уровень захвата, нормированный по безжировой массе тела (SUV<sub>1bm</sub> (max)). Определено пороговое значение для разграничения патологического очага от здоровой костной ткани, равное 1,64, с чувствительностью 93,5% и специфичностью 95,6%. Пороговое значение для разграничения септических и асептических воспалительных процессов у пациентов с синдромом диабетической стопы равно 4,35 с чувствительностью 82,4% и специфичностью 80,3%.

**Заключение.** Для дифференциальной диагностики остеомиелита и стопы Шарко у пациентов с синдромом диабетической стопы возможно применение порогового значения SUV<sub>1bm</sub> (max), равного 4,35 (Se = 82,4%; Sp = 80,3%; AUC = 0,883), а для установления факта воспалительного процесса – порогового значения SUV<sub>1bm</sub> (max), равного 1,64 (Se = 93,5%; Sp = 95,6%; AUC = 0,983).

**Ключевые слова:** стопа Шарко, остеомиелит, радионуклидная диагностика, воспаление

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

**Соответствие принципам этики.** Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено локальным этическим комитетом СибГМУ (протокол № 9418 от 27.03.2023).

**Для цитирования:** Балабенко А.О., Удодов В.Д., Замышевская М.А., Зоркальцев М.А., Завадовская В.Д. Дифференциальная диагностика септического и асептического поражений костных структур стоп у па-

циентов с синдромом диабетической стопы: возможности применения стандартизированного уровня за- хвата остеотропного радиофармпрепарата. *Бюллетень сибирской медицины*. 2025;24(4):5–13. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2025-4-5-13>.

## **Differential diagnosis of septic and aseptic bone lesions of the foot in patients with diabetic foot syndrome: the potential of using a standardized uptake value with osteotropic radiopharmaceuticals**

**Balabenko A.O., Udodov V.D., Zamyshevskaya M.A., Zorkaltsev M.A., Zavadovskaya V.D.**

*Siberian State Medical University  
2 Moskovsky trakt, 634050 Tomsk, Russian Federation*

### **ABSTRACT**

**Aim.** The study was conducted to calculate standardized uptake values (SUVs) for foot bones, determine the optimal SUV type in patients with degenerative changes, and assess the potential of quantitative single-photon emission computed tomography (SPECT/CT) in patients with diabetic foot syndrome (DFS) complicated by osteomyelitis.

**Materials and methods.** The study design was prospective. Patients with a documented clinical diagnosis of diabetic foot and confirmed or suspected osteomyelitis underwent SPECT/CT scanning after intravenous injection of the radiopharmaceutical ( $^{99m}\text{Tc}$  – Pyrophosphate). The calculation of standardized uptake values – mean SUV (SUVmean), maximum SUV (SUVmax), and peak SUV (SUVpeak) – was performed using the SyngoVia software. To calculate the threshold standardized uptake value, receiver operating characteristic analysis (ROC) was conducted, followed by the calculation of the area under the ROC curve (AUC).

**Results.** Forty-eight patients were examined: 28 people with septic foot lesions and 20 individuals with aseptic foot lesions. Calculations revealed no statistically significant differences between the SUV values (max, mean, and peak) for septic and aseptic lesions. However, the standardized uptake value normalized by lean body mass (SUV<sub>lbm</sub> (max)) demonstrated the largest ROC AUC. A threshold value for differentiating between pathological and healthy bone tissues was 1.64, with sensitivity of 93.5% and specificity of 95.6%.

The threshold value for distinguishing between septic and aseptic inflammations in patients with diabetic foot syndrome was 4.35, with sensitivity of 82.4% and specificity of 80.3%.

**Conclusion.** The study confirmed that the use of SUV<sub>lbm</sub> (max) threshold value of 4.35 (Se = 82.4%; Sp = 80.3%; AUC = 0.883) is possible for the differential diagnosis of osteomyelitis and Charcot foot in patients with diabetic foot syndrome. Additionally, to confirm inflammation, a SUV<sub>lbm</sub> (max) threshold value of 1.64 (Se = 93.5%; Sp = 95.6%; AUC = 0.983) is applicable.

**Keywords:** Charcot foot, inflammation, osteomyelitis, radionuclide diagnosis

**Conflict of interest.** The authors declare the absence of obvious or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Source of financing.** The authors declare no funding for the study.

**Conformity with the principles of ethics.** All patients signed a voluntary informed consent to participate in the study. The study was approved by the local Ethics Committee at SibSMU (Minutes No. 9418 dated March 27, 2023).

**For citation:** Balabenko A.O., Udodov V.D., Zamyshevskaya M.A., Zorkaltsev M.A., Zavadovskaya V.D. Differential diagnosis of septic and aseptic bone lesions of the foot in patients with diabetic foot syndrome: the potential of using a standardized uptake value with osteotropic radiopharmaceuticals. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2025;24(4):5–13. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2025-4-5-13>.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Сахарный диабет – это эндокринное заболевание, характеризующееся относительной или абсолютной нехваткой инсулина вследствие дисфункции или

разрушения  $\beta$ -клеток. Сахарный диабет является одной из наиболее быстрорастущих проблем глобального здравоохранения в XXI в. [1]. Основными патогенетическими механизмами считаются нарушение секреции инсулина и инсулинерезистентность.

Хроническая гипергликемия при сахарном диабете сопровождается повреждением, дисфункцией и недостаточностью различных органов, особенно глаз, почек, нервов, сердца и кровеносных сосудов [2].

Синдром диабетической стопы (СДС) является одним из наиболее опасных и тяжелых по своему течению осложнений сахарного диабета. По данным Всемирной организации здравоохранения, около 422 млн человек больны диабетом, а 15–25% из них страдают язвой диабетической стопы [3]. Даже при использовании современных методов комплексного хирургического лечения у 25–30% больных приходится выполнять высокие ампутации. Летальность в течение последующего года после высокой ампутации нижних конечностей достигает 50% [4]. Это подвергает пациента инвалидизации, следовательно, существенному снижению качества жизни.

Стандартизированной и самой распространенной методикой является трехфазная сцинтиграфия, но особенности характера накопления индикатора в зоне интереса обусловливают низкие показатели специфичности данного метода исследования. Повышают специфичность радионуклидной индикации воспаления методики с использованием сцинтиграфии с меченными лейкоцитами, выполняемой в большинстве случаев в режиме однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ/КТ) [5]. Кроме того, существует метод с применением антимикробных пептидов. Радиоактивно меченные пептиды благодаря способности селективно связываться с патогенными микроорганизмами могут быть успешно использованы для дифференциальной диагностики остеомиелита. В силу высокой стоимости данного метода он не доступен в практическом здравоохранении.

Позитронно-эмиссионная компьютерная томография (ПЭТ/КТ) с 18F-фтордезоксиглюкозой (18F-ФДГ) приобрела значимую роль в диагностике инфекций и воспалений любой этиологии и локализации. Она позволяет определить точные анатомические ориентиры и оценить распространение инфекционного процесса на мягкие ткани или кость. Однако 18F-ФДГ имеет ограничения, например, при оценке стопы Шарко, поскольку накопление 18F-ФДГ при этом состоянии очень интенсивное.

В последние годы оценивается роль количественного анализа результатов ПЭТ с использованием стандартизированного уровня захвата у пациентов с диабетической стопой. У пациентов с остеомиелитом были выявлены более высокие значения SUV, чем у пациентов со стопой Шарко. Это позволяет сделать вывод о том, что стандартизированный уровень захвата является хорошим параметром для дифферен-

циации этих состояний [6]. В настоящее время этот параметр активно применяется в онкологической диагностике, например, в дифференциальной диагностике новообразований легких. Стандартизованный уровень захвата занимает ключевую роль и активно используется в практической медицине [7].

Разработаны новые методики количественной оценки гибридных изображений ОФЭКТ/КТ с использованием стандартизированного уровня захвата. Так, была создана методика xSPECT Quant, которая оказалась точной и воспроизводимой с погрешностью до 3% для стандартизированного количественного анализа радионуклидных изображений. Доступный для визуализации технеция-99mTc метод xSPECT Quant позволяет проводить клиническую количественную оценку ОФЭКТ/КТ для более точного выявления заболеваний и лучшего управления терапией [8].

В настоящее время нет четко определяемых критериев интерпретации для дифференциальной диагностики воспаления, остеомиелита и стопы Шарко. Количественная оценка гибридных изображений ОФЭКТ/КТ может оказать решающее влияние на диагностику септического и асептического поражения диабетической стопы. Данное исследование показывает, что использование стандартизированного уровня захвата может быть полезно в диагностике осложненного течения диабетической стопы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования – проспективное нерандомизированное контролируемое. В исследование были включены 48 пациентов с синдромом диабетической стопы (проанализировано 147 участков накопления радиофармпрепарата (РФП) у 28 пациентов с септическим поражением, 113 – у 20 пациентов с асептическим поражением и 160 участков с нормальным костным метаболизмом). Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено локальным этическим комитетом СибГМУ (протокол № 9418 от 27.03.2023). Все пациенты находились на обследовании и лечении на базе клиник СибГМУ.

Исследование проводилось на однофотонном эмиссионном компьютерном томографе (Siemens Symbia Intevo Bold), внутривенным введением радиофармпрепарата (<sup>99m</sup>Tc-пирофотех). Интенсивность накопления РФП оценивалась при помощи величины SUV. Выделяют следующие типы стандартизованных уровней захвата: SUV Body Weight (SUVbw) – нормированный по весу тела, SUV Body Surface Area (SUVbsa) – нормированный по площади поверхности тела, SUV Lean Body Mass (SUVlbm) – норми-

рованный по безжировой массе тела [9]. Использовались максимальное, среднее и пиковые значения стандартизированного уровня захвата.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения Medcalc (22.023). Описательная статистика количественных признаков, не имеющих нормальное распределение, представлена в виде медианы межквартильного интервала  $Me [Q_1; Q_3]$ . Сравнение межгрупповых различий было выполнено при помощи непараметрического критерия Манна – Уитни при уровне статистической значимости  $p < 0,05$ . Для оценки диагностической ценности ОФЭКТ/КТ был проведен ROC-анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На первом этапе исследования были проанализированы значения стандартизированного уровня захвата во всех трех группах (участках септического

воспалительного процесса, асептического воспалительного процесса и в участках с нормальным костным метаболизмом) методом Колмогорова – Смирнова на проверку нормального закона распределения. Результаты теста показали, что распределение исследуемых показателей статистически значимо отличалось от нормального. В связи с этим для описания данных использовались медиана межквартильного интервала  $Me [Q_1; Q_3]$  (табл. 1–3), а для сравнения групп – непараметрические критерии. Несмотря на ненормальное распределение, для оценки диагностической эффективности количественных показателей был использован ROC-анализ, который не предъявляет требований к типу распределения данных.

Затем были проанализированы значения стандартизированного уровня захвата патологического очага (независимо асептического и септического поражения) с нормальной костной тканью методом ROC-анализа (рис. 1–3).

Таблица 1

Стандартизированные уровни захвата для нормального костного метаболизма, $Me [Q_1; Q_3]$				
Показатель	SUV bw	SUV lbm	SUV lbm janma	SUV bsa
Max	1,45 [1,01; 2,18]	1,00 [0,72; 1,43]	0,96 [0,67; 1,37]	0,34 [0,24; 0,50]
Mean	1,12 [0,69; 1,69]	0,81 [0,52; 1,14]	0,74 [0,48; 1,06]	0,27 [0,18; 0,39]
Peak	1,28 [0,91; 1,94]	0,92 [0,68; 1,29]	0,87 [0,64; 1,22]	0,32 [0,23; 0,47]

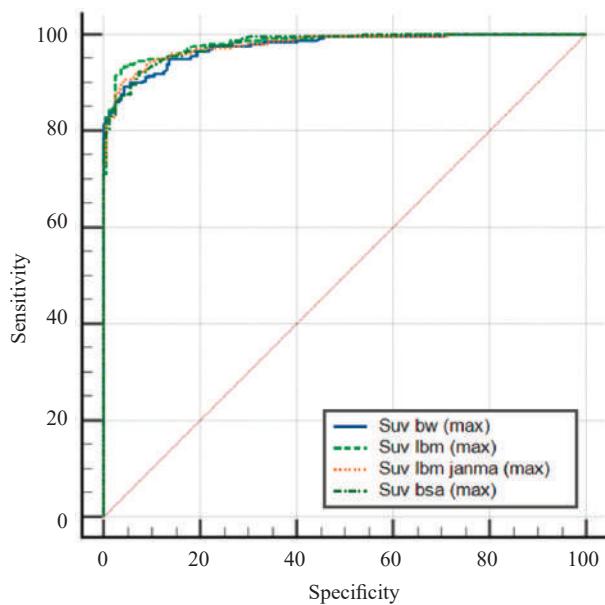


Рис. 1. График сравнения кривых ROC-анализа максимальных значений стандартизированного уровня захвата РФП: сравнение патологических участков с воспалительным процессом (септическим и асептическим) и зон с нормальным костным метаболизмом – SUV (max). Здесь и на рис. 2–5 по оси абсцисс – специфичность (Specificity), по оси ординат – чувствительность (Sensitivity)

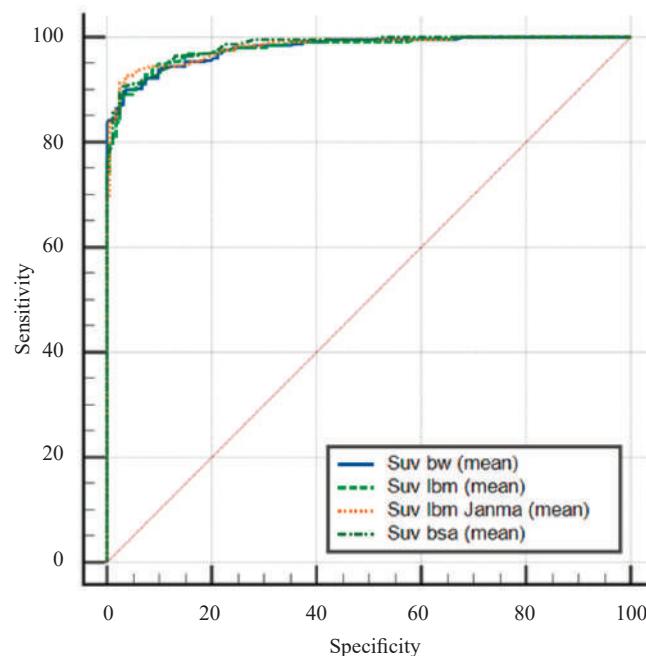


Рис. 2. График сравнения кривых ROC-анализа средних значений стандартизированного уровня захвата РФП: сравнение патологических участков с воспалительным процессом (септическим и асептическим) и зон с нормальным костным метаболизмом – SUV (mean)

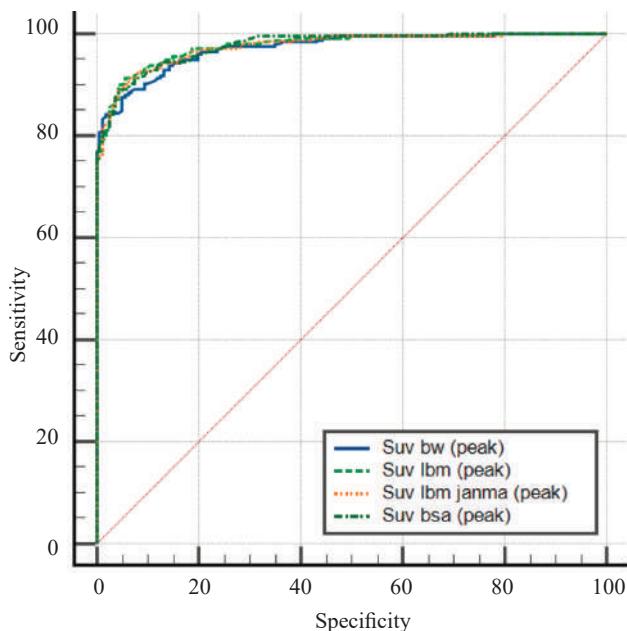


Рис. 3. График сравнения кривых ROC-анализа пиковых значений стандартизированного уровня захвата РФП: сравнение патологических участков с воспалительным процессом (септическим и асептическим) и зон с нормальным костным метаболизмом – SUV (peak)

Таблица 2

Стандартизованные уровни захвата для участков с септическим поражением,  $Me [Q_1; Q_3]$ 

Показатель	SUV bw	SUV lbm	SUV lbm janma	SUV bsa
Max	11,17 [7,91; 17,32]	8,11 [5,48; 11,24]	7,27 [5,32; 10,89]	2,82 [1,99; 3,99]
Mean	9,18 [6,68; 13,69]	6,53 [4,51; 9,50]	6,21 [4,39; 9,32]	2,34 [1,63; 3,16]
Peak	9,73 [6,76; 14,91]	6,93 [4,50; 9,91]	6,41 [4,35; 9,74]	2,35 [1,61; 3,55]

Таблица 3

Стандартизованные уровни захвата для участков с асептическим поражением,  $Me [Q_1; Q_3]$ 

Показатель	SUV bw	SUV lbm	SUV lbm janma	SUV bsa
Max	5,84 [3,83; 7,84]	3,69 [2,78; 5,10]	3,59 [2,64; 4,90]	1,35 [0,88; 1,83]
Mean	4,80 [3,12; 6,24]	3,07 [2,09; 4,00]	2,94 [2,07; 3,89]	1,10 [0,71; 1,43]
Peak	4,91 [3,30; 6,80]	3,10 [2,22; 4,49]	3,13 [2,21; 4,31]	1,12 [0,77; 1,58]

Расчеты показали, что статистически значимых отличий среди показателей SUV не выявлено (табл. 4), но при этом SUV<sub>lbm</sub> (max) обладает наибольшей площадью под кривой (AUC) ROC-анализа и может быть использован для поиска референсных значений.

Таблица 4

Показатели площадей стандартизованных уровней захвата РФП под кривыми (AUC) ROC-анализа

Показатель	SUV bw	SUV lbm	SUV lbm janma	SUV bsa
Max	0,976	0,983	0,979	0,980
Mean	0,979	0,980	0,982	0,982
Peak	0,973	0,977	0,976	0,977

На втором этапе исследования при сравнении показателей SUV<sub>lbm</sub> (max) в патологическом участке у пациентов с воспалительным процессом (септика/асептика) и участками с нормальным костным мета-

болизмом методом Манна – Уитни были выявлены статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ). Далее при помощи ROC-анализа определялось пороговое значение между воспалительным участком (септического или асептического поражения) и участком с нормальным костным метаболизмом SUV<sub>lbm</sub> (max), равное 1,64. При уровне накопления радиофармпрепарата, равного 1,64 и более (с чувствительностью (Sens) – 93,5% и специфичностью (Spec) – 95,6%), устанавливается факт воспалительного процесса (рис. 4).

Следующим этапом было выявлено пороговое значение для дифференциальной диагностики септических и асептических воспалительных процессов костных структур у пациентов с синдромом диабетической стопы (рис. 5). Это означает наличие остеомиелита у пациентов с SUV<sub>lbm</sub> (max), равной либо более 4,35 (с чувствительностью (Sens) – 82,4% и специфичностью (Spec) – 80,3%).

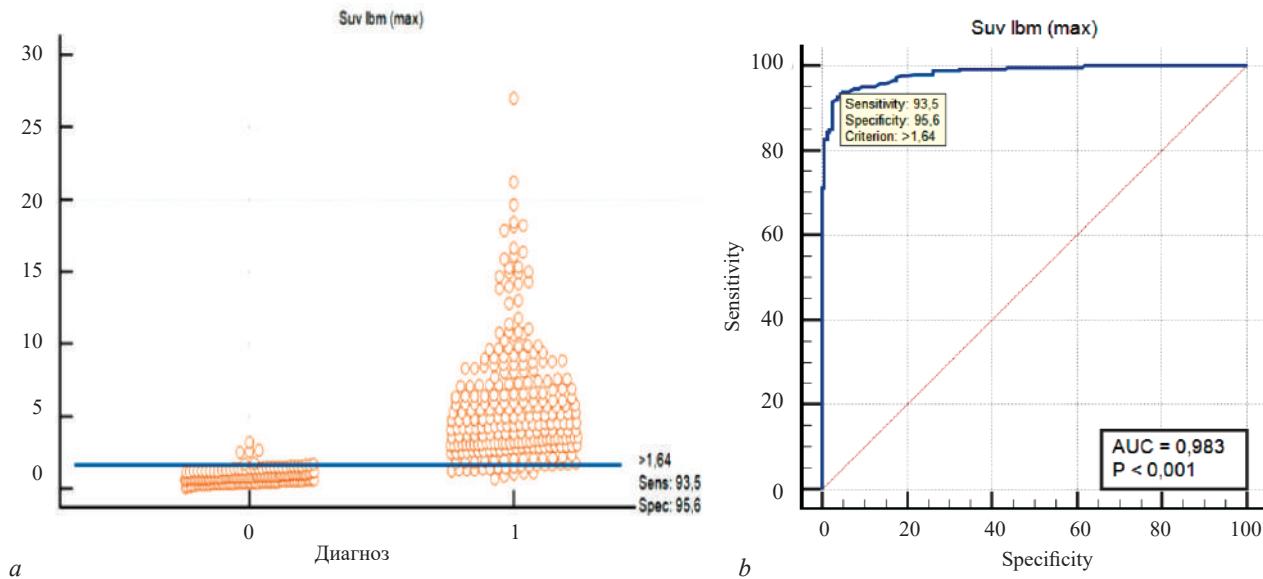


Рис. 4. Результаты сравнения разницы накопления РФП у пациентов с синдромом диабетической стопы независимо с асептическим или септическим поражением с нормальной костной тканью: *a* – точечная диаграмма (по оси абсцисс значение 0 присвоено участкам с нормальным уровнем накопления РФП, значение 1 – участкам с асептическим и септическим поражением костных структур, по оси ординат – стандартизированный уровень захвата, нормированный по безжировой массе тела); *b* – ROC-кривая эффективности дифференциальной диагностики

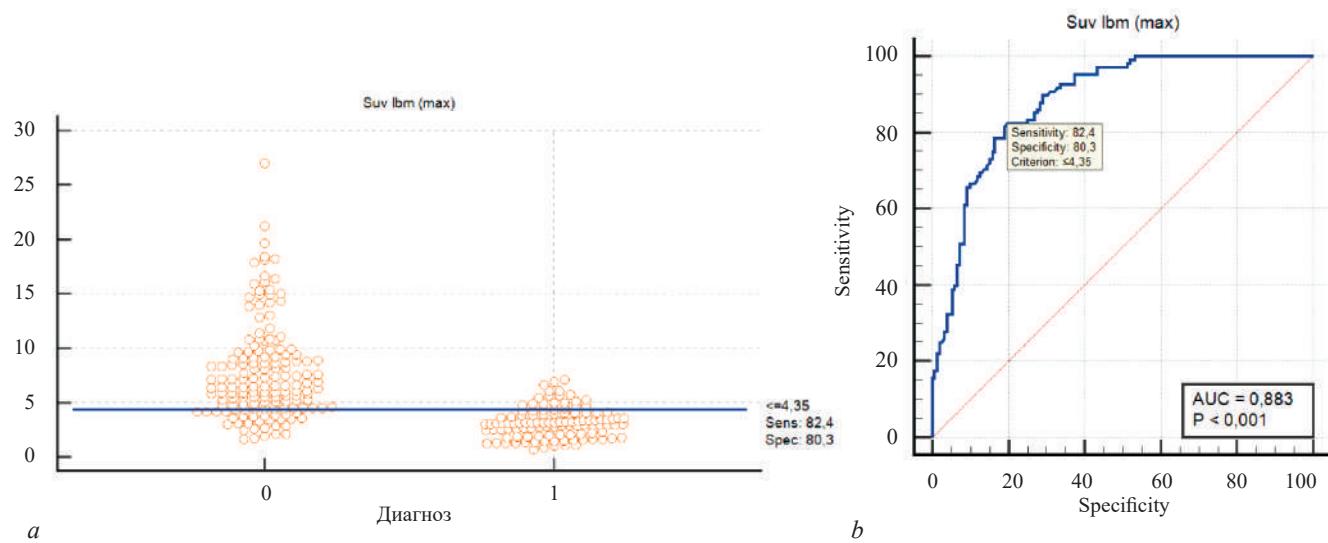


Рис. 5. Результаты сравнения разницы накопления РФП у пациентов с синдромом диабетической стопы с асептическим и септическим поражением: *a* – точечная диаграмма (по оси абсцисс значение 0 присвоено участкам накопления РФП с септическим поражением, значение 1 – участкам накопления РФП с асептическим поражением костных структур, по оси ординат – стандартизированный уровень захвата, нормированный по безжировой массе тела); *b* – ROC-кривая эффективности дифференциальной диагностики

В качестве примеров приведены клинические случаи септического и асептического поражения костных структур на фоне сахарного диабета 2-го типа. У пациентов была схожая клиническая картина, одинаковый стаж СДС, рентгенологически отмечалась деструкция и дезорганизация костной ткани в области предплюсны и плюсны. При этом у пациента N. (рис. 6) определяется выраженная ги-

перфиксация РФП в клиновидных и плюсневых костях: SUV<sub>lbm</sub> (max) равен 10,48, что больше 4,35, следовательно, относится к остеомиелиту.

В качестве примера асептического поражения у пациентов с СДС приведен клинический случай стопы Шарко (рис. 7). Наблюдается менее выраженное накопление радиофармпрепарата SUV<sub>lbm</sub> (max) = 3,87, чем при септическом поражении.

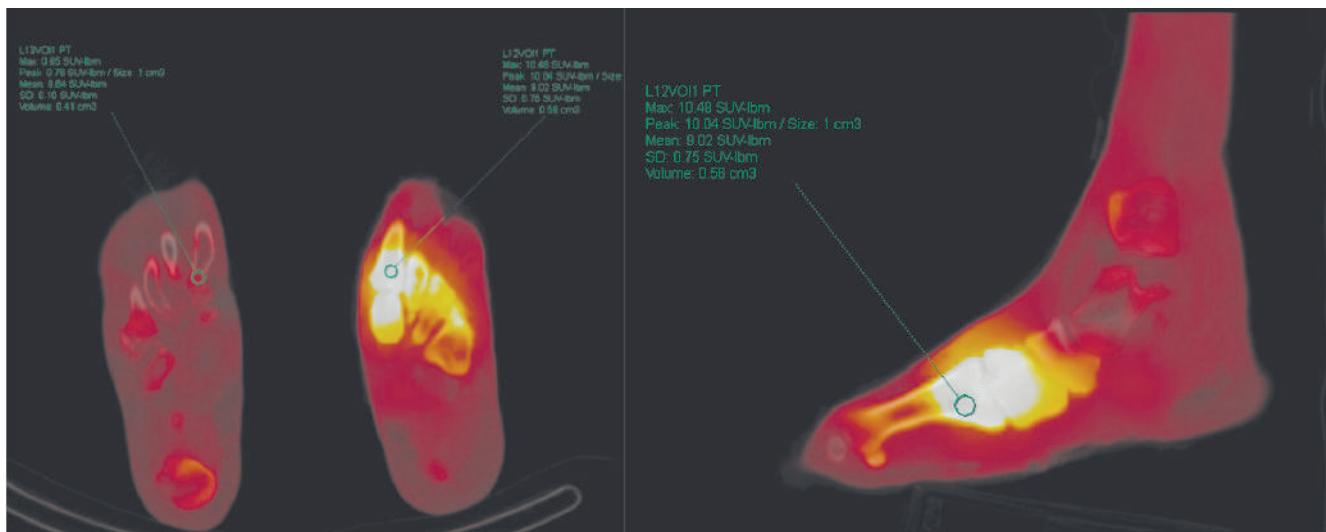


Рис. 6. Пациент N., сахарный диабет 2-го типа, остеомиелит. ОФЭКТ/КТ в аксиальной и сагиттальной проекциях. Выраженная гиперфиксация РФП (SUV<sub>l<sup>bm</sup></sub> (max) = 10,48) в медиальной клиновидной, основании 1-й плюсневой кости, промежуточной клиновидной и основании 2-й плюсневой кости, культиях 3-й и 4-й плюсневых костей, основании 5-й плюсневой кости с признаками краевой литической деструкции (септическое поражение)

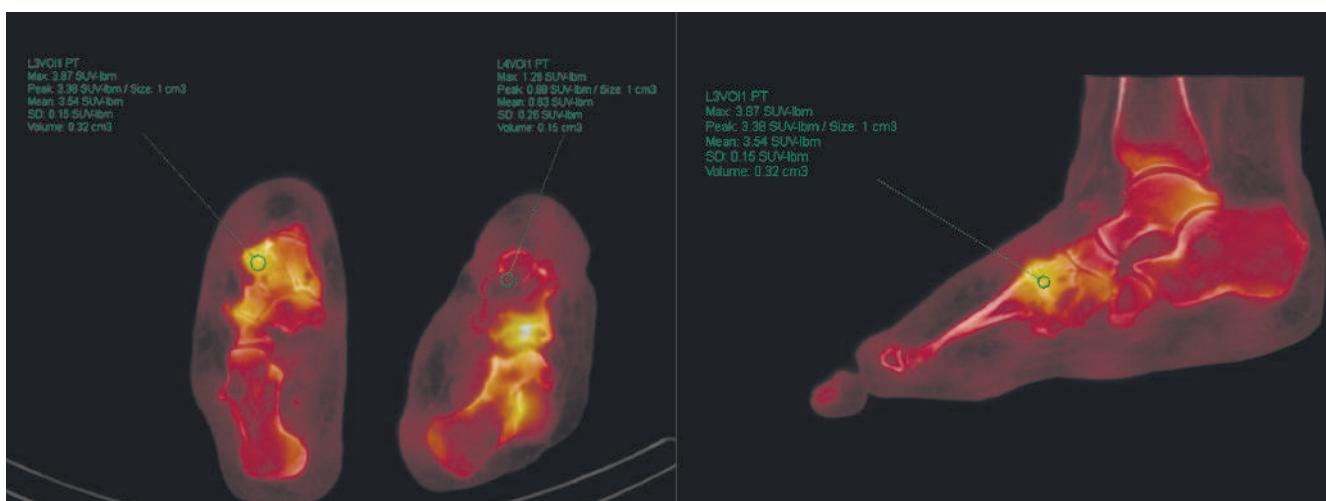


Рис. 7. Пациент N., стопа Шарко. ОФЭКТ/КТ в аксиальной и сагиттальной проекциях. Выраженная гиперфиксация РФП (SUV<sub>l<sup>bm</sup></sub> (max) = 3,87) в голеностопном суставе, суставах Лисфранка и Шопара левой стопы. Схожая, но менее выраженная гиперфиксация РФП в суставах Лисфранка и Шопара правой стопы (асептическое поражение)

## ОБСУЖДЕНИЕ

В нашей работе была оценена возможность использования стандартизированного уровня захвата радиофармпрепарата при ОФЭКТ/КТ. Было установлено, что SUV может помочь в дифференциальной диагностике септического и асептического поражения костных структур стопы у пациентов с синдромом диабетической стопы.

Результаты исследования Y. Minami и I. Ogura [10] показали высокую эффективность ОФЭКТ/КТ с использованием стандартизированного уровня за-

хвата для дифференциальной оценки хронического остеомиелита, остеорадионекроза и медикаментозного остеонекроза челюсти. В работе другой группы ученых [11] изучалось использование остеосцинтиграфии для динамической оценки ответа на лечение пациента с остеомиелитом нижней челюсти, которые показали, что параметры стандартизированного уровня захвата, определяемые с помощью количественной оценки ОФЭКТ/КТ, могут быть полезны для оценки воспалительной активности на фоне лечения.

Клиническая значимость полученных данных заключается в том, что использование стандартизи-

рованного уровня захвата радиофармпрепарата при ОФЭКТ/КТ может применяться в качестве инструмента для диагностики остеомиелита у пациентов с диабетической стопой. Это позволит сократить сроки диагностики и лечения у данной группы пациентов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании была проведена оценка возможностей применения стандартизованного уровня захвата РФП при ОФЭКТ/КТ для дифференциальной диагностики септических и асептических поражений костных структур стопы у пациентов с синдромом диабетической стопы. Проведенный анализ показал, что значения стандартизованного уровня захвата позволяют различать воспалительное и невоспалительное поражение костной ткани.

Значения SUV<sub>lbm</sub> (max) выше 5 ассоциируются с инфекционным воспалительным процессом, что подтверждает возможность использования данного параметра в клинической практике. Полученные данные свидетельствуют о высокой информативности применения стандартизованного уровня захвата РФП при ОФЭКТ/КТ для диагностики остеомиелита при диабетической стопе, что может способствовать более точному выбору тактики лечения и снижению количества инвазивных процедур.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Fan W., Pang H., Xie Z., Huang G., Zhou Z. Circular RNAs in diabetes mellitus and its complications. *Front. Endocrinology*. 2022;13(1):1–3. DOI: 10.3389/fendo.2022.885650.
2. Дедов И.И., Шестакова М.В., Майоров А.Ю., Мокрышева Н.Г., Андреева Е.Н., Безлепкина О.Б. и др. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. *Сахарный диабет*. 2023;26(2):13–14. DOI: 10.14341/DM13042.
3. Wang Y., Shao T., Wang J., Huang X., Deng X., Cao Y. et al. An update on potential biomarkers for diagnosing diabetic

4. Петрова В.В., Смирнов Г.А., Аржелас М.Н. Роль ангиосомально-ориентированного метода эндоваскулярных реваскуляризации в комплексном лечении синдрома диабетической стопы. *Раны и раневые инфекции*. 2020;7(1):36–45. DOI: 10.25199/2408-9613-2020-7-1-36-45.
5. Rubitschung K., Sherwood A., Crisologo A., Bhavan K., Haley R., Wukich D. et al. Pathophysiology and molecular imaging of diabetic foot infections. *International Journal Molecular Sciences*. 2021;22(21):12–13. DOI: 10.3390/ijms222111552.
6. Lauri C., Leone A., Cavallini M., Signore A., Giurato L., Ucciali L. Diabetic foot infections: the diagnostic challenges. *Journal of Clinical Medicine*. 2020;9(6):6–11. DOI: 10.3390/jcm9061779.
7. Афонин Г.В., Глухарева А.Е., Смоленов Е.И., Колобаев И.В., Бекетов Е.Е., Петров Л.О. и др. Применение ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ в дифференциальной диагностике образований легких. *Исследование и практика в медицине*. 2022;9(3):80–90. DOI: 10.17709/2410-1893-2022-9-3-6.
8. Miyaji N., Miwa K., Tokiwa A., Ichikawa H., Terauchi T., Koizumi M. et al. Phantom and clinical evaluation of bone SPECT/CT image reconstruction with xSPECT algorithm. *EJNMMI Research*. 2020;10(1):10–11. DOI: 10.1186/s13550-020-00659-5.
9. Sarikaya I., Albatineh A., Sarikaya A. Revisiting Weight-Normalized SUV and Lean-Body-Mass-Normalized SUV in PET Studies. *Journal of Nuclear Medicine Technology*. 2020;48(2):163–167. DOI: 10.2967/jnmt.119.233353.
10. Minami Y., Ogura I. Bone single-photon emission computed tomography-CT peak standardized uptake value for chronic osteomyelitis, osteoradionecrosis and medication-related osteonecrosis of the jaw. *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology*. 2021;65(2):160–165. DOI: 10.1111/1754-9485.13127.
11. Moridera K., Kitajima K., Yoshikawa K., Takaoka K., Tsuchitani T., Noguchi K. et al. Usefulness of quantitative bone SPECT/CT for evaluating medication-related osteonecrosis of the jaw treatment response. *Japanese Journal of Radiology*. 2023;41(7):760–767. DOI: 10.1007/s11604-023-01389-z.

---

## Вклад авторов

Балабенко А.О. – обследование пациентов, анализ и статистическая обработка данных, написание текста статьи. Удодов В.Д. – разработка концепции и дизайна исследования, обследование пациентов, редактирование рукописи. Замышевская М.А., Зоркальцев М.А. – разработка концепции и дизайна исследования. Завадовская В.Д. – окончательное утверждение для публикации рукописи.

---

## Информация об авторах

**Балабенко Артём Олегович** – аспирант, кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии, СибГМУ, г. Томск, balabenko.96@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-6206-6772>

**Удодов Владимир Дмитриевич** – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии, СибГМУ, г. Томск, Udodov.vd@ssmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1321-7861>

**Замышевская Мария Александровна** – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии, СибГМУ, г. Томск, Zamyshevskayamari@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7582-3843>

**Зоркальцев Максим Александрович** – д-р мед. наук, профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии, СибГМУ, г. Томск, Zorkaltsev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0025-2147>

**Завадовская Вера Дмитриевна** – д-р мед. наук, профессор, и.о. зав. кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии, СибГМУ, г. Томск, Wdzav@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6231-7650>

(✉) **Балабенко Артём Олегович**, balabenko.96@yandex.ru

Поступила в редакцию 04.04.2025;  
одобрена после рецензирования 05.08.2025;  
принята к публикации 09.09.2025