

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ**

**«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»  
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XIX Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**PROCEEDINGS  
of the XIX International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**2024  
Астана**

**УДК 001**

**ББК 72**

**G99**

**«ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» студенттер мен жас ғалымдардың XIX Халықаралық ғылыми конференциясы = XIX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» = The XIX International Scientific Conference for students and young scholars «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024». – Астана: – 7478 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.**

**ISBN 978-601-7697-07-5**

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

**УДК 001**

**ББК 72**

**G99**

**ISBN 978-601-7697-07-5**

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2024**

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ И ВРЕМЕНИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЭТ/КТ 68GA-PSMA-11 У ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА УСТРОЙСТВЕ GE DISCOVERY MI**

**Баймуканова Асель Еркековна**

Asselya\_07@bk.ru

Магистрант специальности «Медицинский физик» ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана,  
Казахстан

Научный руководитель – Жумадилов К.Ш.

Рак предстательной железы (РПЖ) является одним из наиболее распространенных типов злокачественных опухолей среди мужчин. На ранних стадиях заболевание часто протекает бессимптомно, но по мере его прогрессирования могут возникать симптомы, такие как частые позывы к мочеиспусканию и боль. Лечение РПЖ может включать как малоинвазивные методы, такие как радиотерапия и химиотерапия, так и хирургическое вмешательство. Однако, если опухоль метастазирует, это существенно ухудшает прогноз заболевания.

Методы визуализации, такие как позитронно-эмиссионная компьютерная томография (ПЭТ/КТ) с использованием радиоактивно меченых лигандов к простатспецифическому мембранному антигену (PSMA), стали важным инструментом в диагностике и оценке РПЖ. PSMA - это белок, экспрессируемый в клетках простаты, и его выражение увеличивается при развитии РПЖ. Молекулярная визуализация с использованием ПЭТ/КТ и 68Ga-PSMA-11 позволяет оценить опухолевую нагрузку и эффективно стратифицировать риск заболевания.

Точное определение местоположения и стадии рецидивирующего заболевания имеет важное значение, так как это определяет дальнейший выбор метода лечения. Также важно точно измерить поглощение радиоизотопа опухолью, особенно для мониторинга эффективности лечения. В этом контексте методы реконструкции изображений играют важную роль.

Одним из таких методов является блочно-последовательная регуляризованная максимизация математического ожидания (BSREM), который призван преодолеть недостатки традиционного метода реконструкции изображений - максимизации ожидания упорядоченных подмножеств (OSEM). BSREM позволяет уменьшить шум изображения, не снижая его контрастность, и может быть настроен для оптимальной реконструкции в зависимости от характеристик конкретного радиотрейсера и требований к изображению.

Таким образом, в данном исследовании мы оцениваем эффективность использования BSREM в сравнении с OSEM для реконструкции изображений ПЭТ/КТ у пациентов с раком предстательной железы.

Было включено десять пациентов с раком предстательной железы (РПЖ) и биохимическим рецидивом, у которых уровень сывороточного простатспецифического антигена (PSA) превышал 0,7 нг/мл.

**Протокол визуализации 68Ga-PSMA-11 ПЭТ/КТ:**

После внутривенного введения 68Ga-PSMA-11 в дозе  $2,0 \pm 0,2$  МБк/кг пациентам выполнялась ПЭТ/КТ через  $50 \pm 5$  минут. Использовалась цифровая система времени полета (TOF) MI PET/CT (GE Healthcare). Протокол включал 3-минутную съемку в каждом положении на кровати, с трансаксиальным полем зрения 70 см и матрицей  $256 \times 256$ . Изображения восстанавливались с использованием стандартных настроек OSEM и BSREM с различными значениями  $\beta$ .

**Анализ изображений:**

Для анализа использовалась специальная рабочая станция. Изоконтурные опухоли определялись на изображениях OSEM, а затем переносились на реконструкции BSREM. Уровень шума изображения оценивался в фоновой ткани печени.

### Статистический анализ:

Для сравнения результатов использовался парный непараметрический t-критерий Уилкоксона. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Ключевые моменты методологии:

Включено 10 пациентов с РПЖ и биохимическим рецидивом.

Использовалась  $^{68}\text{Ga}$ -PSMA-11 ПЭТ/КТ с различными методами реконструкции.

Оценка проводилась с точки зрения шума, контрастности и общего качества изображения.

Статистический анализ проводился с использованием парного непараметрического теста.

### Результаты

Использование метода реконструкции BSREM по сравнению с OSEM значительно влияло на уровень шума на изображении. Область равномерного поглощения в печени оказалась более гладкой при использовании BSREM с высокими значениями  $\beta$  (от 800 до 1200) по сравнению с OSEM. Однако это также сопровождалось снижением стандартизированных единиц поглощения (SUV) и усложнением обнаружения костных метастазов у пациентов.

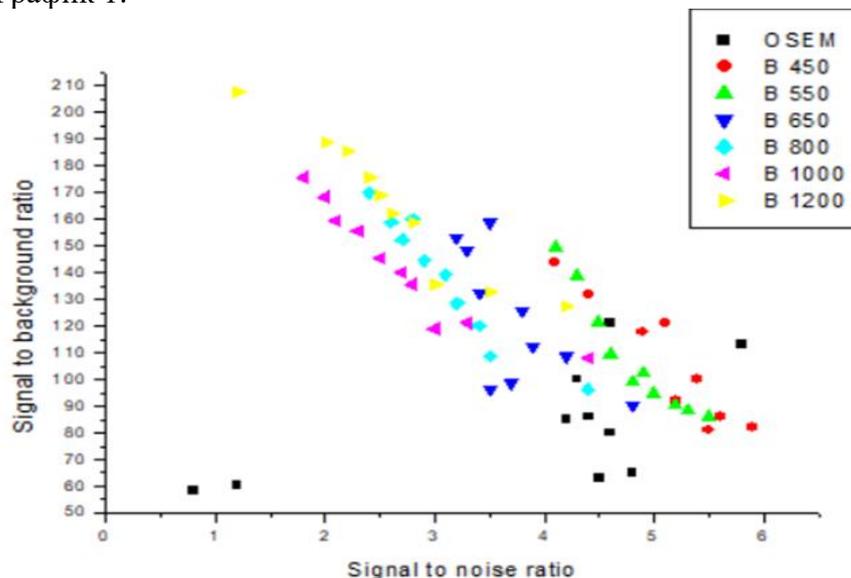
Таблица 1:

Reconstruction Background SUVmean Noise BV % SNR SBR

Reconstruction	Background	SUVmean	Noise	BV %	SNR	SBR
OSEM	5.70 (5.40-5.99)	14.4%	58.28	4.1		
BSREM 450	5.70 (5.40-5.99)	13.8%	82.41	5.9		
BSREM 550	5.70 (5.40-5.99)	12.1%	86.15	5.5		
BSREM 650	5.70 (5.40-5.99)	11.7%	90.12	4.8		
BSREM 800	5.70 (5.40-5.99)	10.5%	96.24	4.4		
BSREM 1000	5.70 (5.40-5.99)	9.8%	108.11	4.4		
BSREM 1200	5.70 (5.40-5.99)	8.6%	127.29	4.2		

Средний уровень фоновой изменчивости (BV) составил 14,4% при использовании OSEM, в то время как для BSREM самым высоким было значение 36,5% при  $\beta$  100, с последующим снижением до 8,6% при  $\beta$  1200.

График 1:



На графике показаны отношения сигнал/фон (SBR) по сравнению с отношением сигнал/шум (SNR) для 70 отдельных поражений с реконструкцией изображения BSREM с использованием значений  $\beta$  от 450 до 1200. Видно, что при использовании высоких значений  $\beta$  SBR и SNR улучшаются.

В целом, использование BSREM позволяет снизить уровень шума на изображении и улучшить качество изображения, однако это может привести к усложнению обнаружения костных метастазов и снижению значений SUV.

### Заключение

Использование метода реконструкции BSREM сравнительно с OSEM демонстрирует значительное снижение фоновой изменчивости (BV) при высоких значениях  $\beta$  от 900 до 1200 и съемке на все позиции bed в течение 2.0 минут, по сравнению с OSEM (с 4 итерациями/16 подмножествами и 5-мм гауссовым фильтром постобработки). Однако, увеличение значения  $\beta$  в BSREM от 650 до 1200 приводит к существенному снижению максимальной стандартизированной единицы поглощения (SUV<sub>max</sub>), вплоть до 20%, в костных метастазах, что затрудняет их обнаружение у пациентов.

Результаты данного исследования указывают на то, что оптимальные значения  $\beta$  для снижения фоновой изменчивости в BSREM составляют от 450 до 600, при съемке на все позиции bed в течение 3 минут и дозе  $2,0 \pm 0,2$  МБк/кг. Уменьшение времени сканирования с 3 минут до 2.0 и 1.5 минут на все позиции bed, при сохранении дозы радиофармпрепарата (РФП)  $2,0 \pm 0,2$  МБк/кг, приводит к значительному увеличению фоновой изменчивости. Для сокращения времени сканирования необходимо соответственно увеличивать дозу РФП.

### Список литературы

1. Lindström E, Velikyan I, Regula N, Alhuseinalkhudhur A, Sundin A, Sörensen J, Lubberink M. Regularized reconstruction of digital time-of-flight  $^{68}\text{Ga}$ -PSMA-11 PET/CT for the detection of recurrent disease in prostate cancer patients. *Theranostics*. 2019 May 25;9(12):3476-3484. doi: 10.7150/thno.31970. PMID: 31281491; PMCID: PMC6587171.
2. Rauscher, I., Maurer, T., Fendler, W.P. *et al.*  $^{68}\text{Ga}$ -PSMA ligand PET/CT in patients with prostate cancer: How we review and report. *Cancer Imaging* 16, 14 (2016).
3. Sah BR, Stolzmann P, Delso G, Wollenweber SD, Hüllner M, Hakami YA. *et al.* Clinical evaluation of a block sequential regularized expectation maximization reconstruction algorithm in  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT studies. *Nucl Med Commun*. 2017;38:57–66. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
4. Witkowska-Patena, E., Budzyńska, A., Giżewska, A. *et al.* Ordered subset expectation maximisation vs Bayesian penalised likelihood reconstruction algorithm in  $^{18}\text{F}$ -PSMA-1007 PET/CT. *Ann Nucl Med* 34, 192–199 (2020).
5. García Garzón JR, de Arcocha Torres M, Delgado-Bolton R, Ceci F, Alvarez Ruiz S, Orcajo Rincón J, Caresia Aróztegui AP, García Velloso MJ, García Vicente AM; Oncology Task Force of Spanish Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging.  $^{68}\text{Ga}$ -PSMA PET/CT in prostate cancer. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol (Engl Ed)*. 2018 Mar-Apr;37(2):130-138. English, Spanish. doi: 10.1016/j.remnm.2017.07.004. Epub 2017 Sep 21. PMID: 28941866.
6. Boellaard R, van Lingen A, Lammertsma AA. Experimental and clinical evaluation of iterative reconstruction (OSEM) in dynamic PET: quantitative characteristics and effects on kinetic modeling. *J Nucl Med*. 2001;42:808–17
7. Ryzhkova D.V., Poyda M.D. PET-KT S  $^{68}\text{Ga}$ -PCMA-11 v otsenke pervichnogo opukholevogo ochaga i diagnostike retsidiva raka predstatel'noy zhelezy // *Voprosy onkologii*. 2018. №6.