

# Раздельное и совмещенное проведение стандартного теста перитонеального равновесия (ПЭТ) и мини-ПЭТ

К.А. Салихова<sup>1</sup>, Р.П. Герасимчук<sup>2,3</sup>, А.Б. Сабодаш<sup>1,4</sup>, А.Ю. Земченков<sup>3</sup>, Н.В. Бакулина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ББраун Авитум Руссланд Клиникс, ОП1,  
193318, Санкт-Петербург, ул. Бадаева, 1, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный ГМУ им. И.И. Мечникова»,  
191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41, Российская Федерация

<sup>3</sup> СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница»,  
191014, Санкт-Петербург, Литейный, 56, Российская Федерация

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский ГМУ им. акад. И.П. Павлова»,  
197022, Санкт-Петербург, ул. Л. Толстого, 6-8, Российская Федерация

Для цитирования: Салихова К.А., Герасимчук Р.П., Сабодаш А.Б. и соавт. Раздельное и совмещенное проведение стандартного теста перитонеального равновесия (ПЭТ) и мини-ПЭТ. Нефрология и диализ. 2023. 25(2):267-274. doi: 10.28996/2618-9801-2023-2-267-274

## Separated and combined fulfillment of the standard peritoneal equilibration test (PET) and mini-PET

К.А. Salikhova<sup>1</sup>, R.P. Gerasimchuk<sup>2,3</sup>, A.B. Sabodash<sup>1,4</sup>, A.Yu. Zemchenkov<sup>3</sup>, N.V. Bakulina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> BBraun Avitum Russland Clinics, DU1, 1, Badaeva St., Petersburg, str., 193318, Russian Federation

<sup>2</sup> I.I. Mechnikov North-Western State medical university,  
41 Kirochnaya str., Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

<sup>3</sup> City Mariinsky hospital, 56, Liteiny pr., Saint Petersburg, 191014, Russian Federation

<sup>4</sup> Pavlov First Saint Petersburg State medical university,  
6-8, L. Tolstogo str., St. Petersburg, 197022, Russian Federation

For citation: Salikhova K.A., Gerasimchuk R.P., Sabodash A.B. et al. Separated and combined fulfillment of the standard peritoneal equilibration test (PET) and mini-PET. Nephrology and Dialysis. 2023. 25(2):267-274. doi: 10.28996/2618-9801-2023-2-267-274

**Ключевые слова:** перитонеальный диализ, тест перитонеального равновесия, мини-ПЭТ

### Резюме

**Цель:** оценить возможность проведения двойного мини-ПЭТ (теста перитонеального равновесия), совмещенного со стандартным. Совмещение позволяет проводить полную оценку состояния перитонеальной мембраны за один визит. Возникают, однако, сомнения, не исказит ли результаты стандартного ПЭТ предшествующий ему при совмещении тестов короткий обмен.

**Методы:** у 21 стабильного пациента на постоянном амбулаторном перитонеальном диализе (ПАПА) последовательно проведены два стандартные ПЭТ и два двойных мини-ПЭТ, совмещенных со стандартным. Средний возраст пациентов составил  $55 \pm 10$  лет, длительность ПАПА –  $37 \pm 25$  меся-

Адрес для переписки: Александр Юрьевич Земченков

e-mail: kletk@inbox.ru

Corresponding author: Alexander Yuryevich Zemchenkov

e-mail: kletk@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4590-3380>

цев. Оценены различия отношения концентраций креатинина в диализате и в плазме через 4 часа (D/P4) для стандартных ПЭТ, проведенных совмещенно с двойным мини-ПЭТ и отдельно с учетом естественной динамики проницаемости брюшины.

**Результаты:** отношение D/P4 в отдельном тесте составило  $0,745 \pm 0,110$ , в совмещенном тесте –  $0,740 \pm 0,100$ ; за интервал времени между тестами ( $5,0 \pm 2,3$  месяцев) среднее изменение индивидуальных значений D/P4 в попарном сравнении составило в пересчете на полугодовое изменение  $0,008 \pm 0,028$ . Системное смещение между двумя измерениями составило 1,2%, случайное – 3,8%. Корреляция между результатами тестов 0,957;  $p < 0,001$ ). В рамках анализа влияния естественной динамики проницаемости брюшины на изменения результатов были оценены изменения индивидуальных данных за интервал времени между двумя стандартными и между двумя совмещенными пробами. Изменение D/P4 между стандартными тестами составило  $0,014 \pm 0,030$  (системное смещение 1,9%, случайное – 4,1%); между совмещенными тестами –  $0,005 \pm 0,056$  (системное смещение 0,7%, случайное – 7,6%). Изменение отношения D/P4 при смене методики (и за время около 5 месяцев) не превышало естественной динамики проницаемости мембраны за аналогичные периоды при проведении теста по одной методике.

**Заключение:** Совмещенное проведение двойного мини-ПЭТ со стандартным не искажает результатов последнего в сравнении с его отдельным проведением, что позволяет использовать возможности обоих вариантов теста в рамках совмещенного со снижением логистических затрат для пациента и диализного центра.

### Abstract

**Aim:** to assess the possibility to conduct double mini-PET combined with standard PET (peritoneal equilibration test). The combination provides the complete assessment of the peritoneal membrane state during one visit; however, there are doubts whether the short exchange before a standard PET will distort its results.

**Methods:** two standard PET and two combined double mini-PET with standard PET were consequentially performed in 21 stable patients on continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD). The average patient's age was  $55 \pm 10$  years; CAPD duration was  $37 \pm 25$  months. Dialysate-to-plasma creatinine ratio after 4-hour exchange (D/P4) differences for combined and performed separately PET were evaluated, accounting for the natural dynamics of peritoneal permeability.

**Results:** the ratio D/P4 in the second separated test was  $0.745 \pm 0.110$ , in the first combined test  $0.740 \pm 0.100$ ; over the time interval between tests ( $5.0 \pm 2.3$  months), the average change in the individual values of D/P4 in the pairwise comparison was in terms of semi-annual change of  $0.008 \pm 0.028$ . Thus, the systemic bias between the two measurements was 1.2%, and the random was 3.8%. The correlation between test results was 0.957;  $p < 0.001$ ). As part of analyzing the effect of the natural dynamics of peritoneum permeability on changes in the results, the changes in individual data were evaluated for the time interval between two standard and between two combined samples. The change in D/P4 between standard tests was  $0.014 \pm 0.030$  (system bias 1.9%, random bias 4.1%); between the combined tests  $0.005 \pm 0.056$  (system bias 0.7%, the random one 7.6%). Thus, the change in the D/P ratio after changing methods (and over a period of 5 months) did not exceed the natural dynamics of membrane permeability over similar periods when performing the same test.

**Conclusion:** the combination of double mini- and standard PET does not distort the standard PET results, which allows using the capabilities of both test options with a reduction in logistic costs for the patient and dialysis center.

**Key words:** peritoneal dialysis, peritoneal equilibration test, mini-PET

### Введение

Современные методики выполнения перитонеального диализа (ПД) существенно уменьшили частоту инфекционных осложнений, обеспечив эффективность лечения и выживаемость пациентов, сопоставимую с таковой на гемодиализе [1-3]. Детализация молекулярных механизмов, ответственных за транспорт растворенных веществ и воды через перитонеальную мембрану, уточнение функциональных и структурных изменений в брюшине в ходе

длительного лечения открывают дополнительные возможности улучшения результатов этого вида диализа. Международное общество перитонеального диализа в 2021 году выпустило клинические рекомендации по оценке дисфункции перитонеальной мембраны у взрослых (включая вопросы классификации, методов измерений, интерпретацию результатов и обоснования вмешательства) [4], перевод которых на русский язык, одобренный ISPD, публикуется в настоящем номере журнала “Нефрология и Диализ” [5]. Авторы публикации констатируют,

что несмотря на определенно высказанные ISPD в 2000 году [6] рекомендации использовать модификацию теста перитонеального равновесия с максимально доступной концентрацией глюкозы для параллельного выявления как скорости перитонеального переноса растворенных веществ (СППВ), так и транспорта свободной воды по ультрамалым порам (ТСВ), такой вариант теста не получил должного распространения, а в большинстве крупных наблюдательных исследований используется ПЭТ с раствором 2,27% глюкозы/2,5% декстрозы (как по опубликованным материалам Bio-PD Study и PDOPPS, так и по специально проведенным авторами рекомендаций опросам в Китае и Латинской Америке). Это, безусловно, снижает информативность теста в отношении прогноза динамики функции перитонеальной мембраны, прогрессирования фиброза и оценки риска развития инкапсулирующего перитонеального склероза. Одной из основных причин недостаточного использования информативных вариантов ПЭТ называют логистические сложности при его проведении.

При этом длительное применение ПД ассоциируется со структурными (ангиогенез, фиброз) и функциональными (увеличение транспорта растворенных веществ и падение ультрафильтрации) изменениями [7]. Хотя прогрессирование перитонеального фиброза до жизнеугрожающих форм инкапсулирующего перитонеального склероза (*encapsulating peritoneal sclerosis*) наблюдается очень редко [8], неблагоприятные изменения функциональных свойств перитонеальной мембраны значительно раньше могут снижать эффективность диализа как в отношении обеспечения адекватной дегидратации, так и в части удаления растворенных веществ; при этом на ранних стадиях увеличение проницаемости брюшины, напротив, дает более высокие клиренсы. Лишь с дальнейшим прогрессированием фиброза и формированием «второй мембраны» в виде плотного интерстиция клиренсные характеристики брюшины также снижаются.

Для наблюдения за состоянием брюшины в динамике и оценки эффекта различных вмешательств, направленных на сохранение структуры и функции перитонеальной мембраны, использовались как методы, связанные с измерением уровня ряда биологически активных веществ (СА-125, IL-6 и др.), так и функциональные методы.

Исторически разработанный *Twardowsky Z.* в 1987 году тест перитонеального равновесия (ПЭТ) проводился с использованием 2,5% раствора глюкозы [9]. Интересно отметить, что еще 15 годами раньше той же группой исследователей был обнаружен феномен «просеивания» натрия через перитонеальную мембрану. Этот эффект приводил к избыточной задержке натрия в крови при преимущественном удалении осмотически свободной воды под действием осмоларного градиента, создаваемого

гипертоническим раствором глюкозы 7% (для дегидратации пациентов с ХСН) [10] или 4,25% при постоянном амбулаторном перитонеальном диализе (ПАПД) [11]. Важно отметить, что эффект просеивания натрия максимально проявлялся в течение первого часа пребывания раствора в полости брюшины. Превалирующее выведение воды в то время могли объяснить только гипотетическим сопротивлением мембраны прохождению натрия (при высокой концентрации глюкозы), хотя предположение о существовании изолированного чресклеточного водного транспорта в общем виде было высказано прозвучало уже в той работе [11]. Еще через десятилетие транспорт свободной воды был смоделирован теоретически [12] в модели трех пор, а после открытия аквапоринов (AQP) продемонстрирован экспериментально у мышей с «выбитыми» генами аквапорина AQP-1, у которых эффект просеивания натрия не проявлялся совсем.

В 2000 году специальный комитет Международного общества перитонеального диализа выпустил рекомендации по ультрафильтрации на ПД [10]. В документе представлен модифицированный ПЭТ, в котором предлагается использовать максимально высокую из доступных концентрацию глюкозы (4,25%) и помимо креатинина и глюкозы измерять также концентрацию натрия для оценки величины снижения уровня натрия через час от начала обмена как маркера доли транспорта свободной воды по ультрамалым порам (аквапоринам) в составе общей УФ. В рекомендациях отмечено, что результаты измерения удаления креатинина диффузией не различаются при использовании 1,5%, 2,5% или 4,25% глюкозы, «поэтому нет никаких оснований не использовать в ПЭТ раствор глюкозы 4,25% для получения дополнительной информации по состоянию УФ». Было сформулировано правило «3×4»: о нарушении УФ свидетельствует объем УФ менее **400 мл** при заливке раствора **4,25%** глюкозы на **4 часа** (при отсутствии нарушений дренажной функции катетера).

Первый прямой количественный способ расчета транспорта свободной воды (ТСВ) и транспорта по малым порам (ТМП) был разработан группой *Kreidiet RT* [13] (детальнее – см. [14]). Отношение содержания натрия в диализате и плазме ( $D/P_{Na}$ ) было минимальным через 1-2 часа от начала задержки раствора. Отличие ожидаемого уровня  $NaD$  от измеренного отражает фактический коэффициент просеивания, который для малых пор составляет 1 (просеивание отсутствует, транспорт молекул натрия происходит пропорционально транспорту молекул воды), а для ультрамалых пор – 0 (ультрапоры натрия не пропускают, вода проходит транскпиллярно без ионов). Фактический коэффициент просеивания соответствует доле транспорта воды через малые поры; оставшаяся часть единицы соответствует транспорту воды по ультрамалым порам (аквапоринам).

Быстрый и простой протокол отдельного измерения транспорта свободной воды и транспорта воды по малым порам описали *La Milia et al* (2005) [15]. Они использовали данные по изменению концентрации натрия в течение первых 60 минут обмена с 3,86% глюкозой, когда эффект просеивания натрия максимален в период максимальной ультрафильтрации на максимальном (еще на снизившемся) градиенте глюкозы, а диффузионный транспорт натрия минимален на минимальном (еще не появившемся) градиенте натрия; то есть, весь натрий переносится только конвекционно вместе с водой, а это соответствует транспорту воды по малым порам по градиенту осмотического давления. Оставшаяся часть общей ультрафильтрации обеспечивается ультрамалыми порами. Позднее в модификации мини-ПЭТ его точность была повышена за счет последовательного выполнения двух обменов (по 60 минут) с глюкозой 1,36% и 3,86%, что позволяет не минимизировать, а исключить эффект транспорта натрия за счет диффузии: поскольку диффузионный перенос натрия при двух концентрациях глюкозы не мог различаться, чистое конвекционное удаление натрия (с водой через малые поры) рассчитывалось как разность между его удалением в обменах с глюкозой 3,86% и 1,36% [16]. Кроме того, двойной мини-ПЭТ позволяет рассчитывать также и осмотическую проводимость перитонеальной мембраны по глюкозе. В изложении позиции Рабочей группы по перитонеальному диализу Европейских Рекомендаций по Наилучшей Клинической практике в нефрологии (ERBP) двойной мини-ПЭТ определен как оптимальный для оценки состояния перитонеальной мембраны [17] (подробное описание выполнения теста – см в приложении к [12], а также в приложении on-line к настоящей публикации).

Отказаться от выполнения стандартного ПЭТ-теста в пользу двойного мини-ПЭТ, по-видимому, нельзя, поскольку последний не предоставляет классической характеристики перитонеального транспорта – информации, которая традиционно используется для выбора режимов ПД. *Romani et al* в 2019 году продемонстрировали, что результаты мини-ПЭТ плохо коррелируют с результатами четырехчасовых традиционного ПЭТ (с глюкозой 2,27%) и модифицированного ПЭТ (с глюкозой 3,86%) [18].

Для снижения диагностической нагрузки на пациента и персонал диализного центра представляется целесообразным скомбинировать проведение тестов, ориентированных на скорость перитонеального переноса растворенных веществ (4 часа) и транспорт свободной воды (1 час). В доступной литературе нам не встретилось обоснование возможности совмещения двух тестов в рамках одной процедуры с точки зрения исключения влияния одного на результаты последующего. Сомнения в возможности такого совмещения состояли в том, что после первого корот-

кого 1-часового обмена в ходе двойного мини-ПЭТ результаты последующего стандартного могут быть искажены.

В настоящей работе мы оценили возможность совмещенного проведения двойного мини-ПЭТ и стандартного ПЭТ за один визит, что упростило бы их применение.

## Методы

У 21 стабильного пациента на ПАПД последовательно проведены два стандартных ПЭТ (с глюкозой 2,5%) и два совмещенных двойных мини-ПЭТ со стандартным тестом. При выполнении совмещенных тестов выполнялись последовательные заливки 1,5% раствора глюкозы на 1 час и 4,5% раствора декстрозы на 4 часа. Забор проб диализата выполнялся непосредственно после заливки 1,5% раствора, во время слива 1,5% раствора через 1 час, непосредственно после заливки и через 1,2 и 4 часа экспозиции 4,25% раствора глюкозы. Забор крови осуществлялся перед заливкой 4,25% раствора. Результаты стандартного ПЭТ теста в рамках совмещенного оценивались по данным проб после заливки, через 2 и 4 часа при экспозиции 4,25% раствора глюкозы.

Основное сравнение выполнялось между результатами стандартного ПЭТ, проведенного по общепринятой методике, и выполненного в рамках совмещенного теста, когда стандартный ПЭТ проводился сразу после одночасового обмена 1,5% раствора глюкозы. В качестве основного критерия было выбрано отношение уровня креатинина в диализирующем растворе к уровню креатинина крови через 4 часа (D/P4) и уровня глюкозы в диализирующем растворе через 4 часа к исходному уровню глюкозы в растворе (D4/D0). Кроме того, сопоставлялись категориальные результаты теста по отношению D/P4: транспорт характеризовался как “высокий” при  $D/P4 > 0,81$ , “средне-высокий” при  $0,81 \leq D/P4 < 0,65$ , “средне-низкий” при  $0,65 \leq D/P4 < 0,50$  и “низкий” при  $D/P4 < 0,50$  [9].

Возраст пациентов на момент начала исследования составил  $55 \pm 10$  лет; срок проведения ПД –  $37 \pm 25$  месяцев. Четырехкратные в сутки обмены получали 14 пациентов (67%), три обмена в сутки – 4 пациента, два обмена – 2 пациента и один пациент получал 5 обменов в сутки. Из всех обменов 87% составляли обмены с концентрацией глюкозы 1,5%. Три пациента получали по одному обмену с глюкозой 2,5%, четыре – по два обмена с глюкозой 2,5%; один пациент получал по одному обмену в сутки с экстралилом (все растворы – Бакстер, США). Тесты перитонеального равновесия непосредственно после обмена с экстралилом не проводились. Средний недельный Kt/V составил  $2,33 \pm 0,45$ . Эпизодов перитонита за 4 месяца между тестами со сменой методики не было. У всех пациентов ПАПД был первым и единственным методом ЗПТ.

Дополнительная коррекция результатов сравнения проводилась с учетом естественной динамики проницаемости перитонеальной мембраны в ходе длительного лечения ПД – по изменению параметров стандартного ПЭТ между двумя предшествовавшими тестами, выполненными в рамках рутинного наблюдения с интервалом около полугода. С учетом различий в интервалах времени между индивидуальными определениями оценка динамики показателя проводилось в пересчете на полугодовое изменение.

### Результаты

Результаты выполнения четырех последовательных стандартных ПЭТ представлены на Рисунке 1.

Отношение D/P4 во втором раздельном тесте составило  $0,745 \pm 0,110$ , в первом совмещенном –  $0,740 \pm 0,100$ , интервал времени между тестами составил  $5,0 \pm 2,3$  месяцев (от 1,3 до 11,9). Среднее изменение индивидуальных значений D/P4 в попарном сравнении составило  $+0,011 \pm 0,029$ , в пересчете на полугодовое изменение  $+0,009 \pm 0,027$  (интерквартильный размах  $-0,18 \div 0,06$ ). Таким образом, системное смещение между двумя измерениями составило 1,2%, случайное – 3,6%. Корреляция между результатами тестов составила 0,957,  $p < 0,001$  (Рисунок 2).

В рамках анализа влияния на изменения результатов естественной динамики проницаемости брюшины были также оценены изменения индивидуальных данных за интервал времени между двумя стандартными пробами (D/P4-1 и D/P4-2 на Рисунке 1) и за интервал времени между двумя совмещенными пробами (D/P4-11 и D/P4-12). D/P4 в первом стандартном тесте составило  $0,727 \pm 0,094$ , изменение D/P4 за интервал времени  $6,9 \pm 3,3$  составило  $0,014 \pm 0,029$ , в пересчете на полугодовое измерение –  $+0,014 \pm 0,030$  (системное смещение между двумя измерениями составило, таким образом, 1,9%, случайное – 4,0%). D/P4 в первом совмещенном тесте составило  $0,747 \pm 0,088$ , изменение D/P за интервал времени  $4,7 \pm 0,4$  составил  $0,004 \pm 0,042$ , в пересчете на полугодовое измерение –  $0,005 \pm 0,056$  (системное смещение между двумя измерениями составило 0,7%, случайное – 7,6%). Таким образом, изменение отношения D/P при смене методики (и за время около 5 месяцев) не превышало естественной ди-

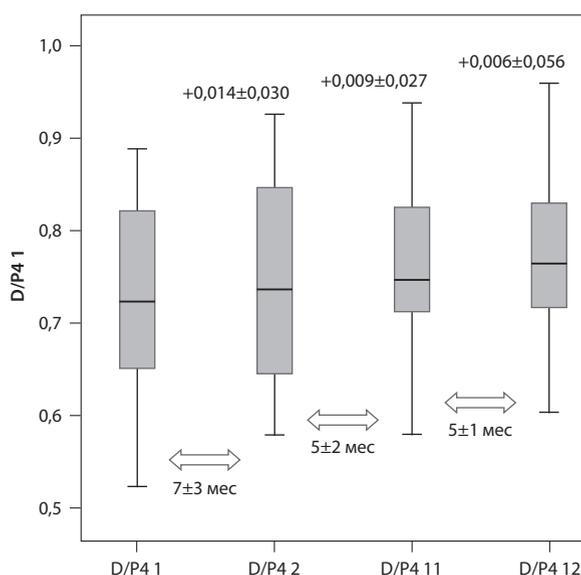


Рис. 1. Динамика результатов стандартного ПЭТ в ходе четырех последовательных измерений. На рисунке представлены интервалы времени между измерениями в месяцах и величины изменений индивидуальных значений за интервал ( $M \pm m$ ). Серые прямоугольники – второй и третий квартиль (50% значений), вертикальные линии – диапазон между 5-ым и 95-ым перцентилями (90% значений).

Fig. 1. Dynamics of results of standard PET during four consecutive measurements. The figure shows the time intervals between measurements in months and the magnitude of changes in individual values for the interval ( $M \pm m$ ). Gray rectangles – second and third quartile (50% of values), vertical lines – the range between the 5th and 95th percentiles (90% of the values).

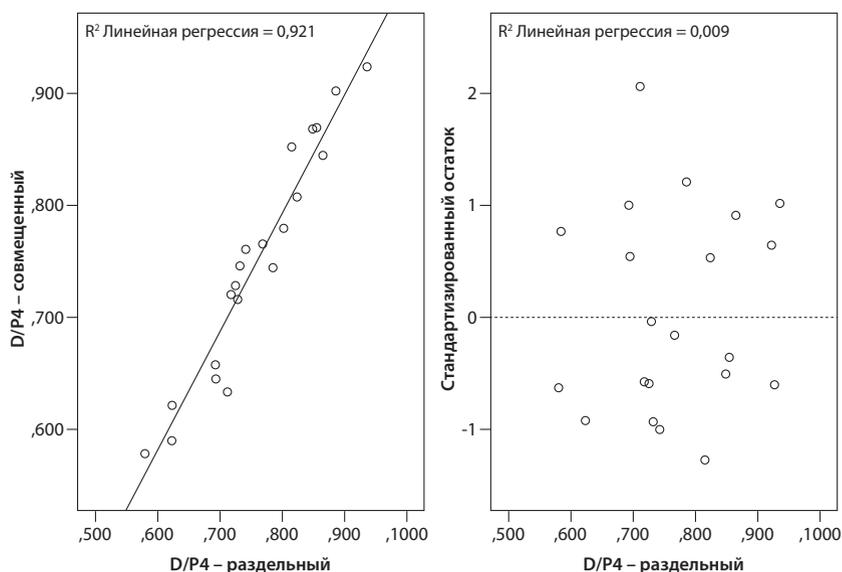


Рис. 2. Сравнение результатов стандартного ПЭТ, проведенного в раздельном и совмещенном вариантах. Слева – линейная связь между D/P4 двух тестов, справа – отсутствие связи между стандартизованными остатками регрессии D/P4-совмещенный к D/P4-раздельный и отношением D/P4 в раздельном тесте.

Fig. 2. Comparison of the results of standard PET carried out in separate and combined versions. On the left panel – the linear relationship between the D/P4 of the two tests, on the right panel – the absence of a link between the standardized regression residues in regression D/P4-combined to the D/P4-separated and the ratio D/P4 in the separated test.

Таблица 1 | Table 1

Распределение пациентов по категориям перитонеального транспорта результатам четырех ПЭТ. Стрелками обозначены переходы между категориями за соответствующий интервал

Distribution of patients by categories of peritoneal transport results of four PET. Arrows indicate transitions between categories for the corresponding interval

перитонеальный транспорт (по ПЭТ)	1	2	3	4
	раздельный		совмещенный	
высокий (H)	5	6	6	6
средне-высокий (HA)	11	11	12	13
средне-низкий (LA)	5	4	3	2
низкий (L)	0	0	0	0

намике проницаемости мембраны за аналогичные периоды при проведении теста по одной методике (стандартной или совмещенной).

В Таблице 1 представлена динамика категориальных оценок перитонеального транспорта. За первый интервал ( $6,9 \pm 3,3$  мес) произошли две смены категорий: HA→H и LA→HA; за второй ( $5,0 \pm 2,3$  мес) и третий ( $4,7 \pm 0,4$  мес) интервалы произошли по одной смене категорий (HA→H и LA→HA, соответственно). Таким образом, изменение категории перитонеального транспорта при переходе от раздельного к совмещенному ПЭТ происходило не чаще, чем при естественном темпе увеличения скорости перитонеального транспорта.

Дополнительно проведено сравнение двух методик по степени снижения глюкозы в диализирующем растворе в ходе четырехчасового обмена (D4/D0). Отношение G4/0 во втором раздельном тесте составило  $0,310 \pm 0,080$ , в первом совмещенном –  $0,299 \pm 0,078$ . Среднее изменение индивидуальных значений D4/D0 в попарном сравнении составило в пересчете на полугодовое изменение  $0,011 \pm 0,038$  – не отличалось достоверно от нуля. Корреляция между результатами тестов составила 0,658,  $p < 0,001$ . В целом, расчет ПЭТ по глюкозе давал существенно большие разбросы и менее предсказуемую динамику.

### Обсуждение

В доступной литературе мы не нашли подтверждение возможности проводить двойной мини-ПЭТ и стандартный ПЭТ последовательно за один визит пациента, и использование на практике разных подходов (раздельное или комбинированное проведение двух тестов [19-22] ставит под вопрос стандартизацию и сопоставимость данных.

Bernardo A.P. et al [23] в 2012 году совместили выполнение 1-часового и 4-часового ПЭТ (с помощью отбора пробы раствора через 1 час в ходе 4-часового обмена, однако мини-ПЭТ в этой модификации пе-

рестал быть двойным, и его точность и прогностическая ценность снизилась.

Galach M. et al в 2013 году описали сочетание стандартного теста и последующего мини-ПЭТ, но не двойного мини-ПЭТ. Отсутствие второго компонента двойного мини-ПЭТ, как известно, не позволяет исключить влияние диффузии натрия на изменение его концентрации, тогда как в оценке осмотической проводимости по глюкозе важна оценка чистого конвекционного переноса натрия, соответствующего движению воды по малым порам. Применение более чем усложненного расчетного алгоритма компенсации такого недостатка при простом мини-ПЭТ не лишено ничем не подтвержденных допущений, в связи с чем и был разработан двойной мини-ПЭТ. Последовательность стандартного ПЭТ и мини-ПЭТ была обратной предложенной нами. Наконец, наше видоизменение порядка проведения теста перитонеального равновесия подтверждено сопоставлением по результатам с классическим раздельным и независимым проведением двух тестов у одних и тех же пациентов. Отмеченная же работа не содержит ни в какой форме подтверждения допустимости такого объединения, а представляет описание результатов проведения последовательного теста у 24 пациентов [22]. В последующих публикациях группа авторов ссылается на эту работу как на описание метода.

Методологически обсуждаются другие потенциальные ограничения в проведении ПЭТ, например, возможное влияние остаточного объема в перитонеальной полости после слива [20] или лимфатической абсорбции перитонеального раствора [21, 24], но подобные работы относятся к оценке осмотической проводимости по глюкозе, но не к стандартному ПЭТ, служащему предметом анализа в настоящем исследовании. Понятно, что последующее выполнение 4-часового ПЭТ не может оказать влияние на результаты мини-ПЭТ, выполняемого перед ним, а потому эти вопросы не относятся к теме настоящего исследования.

Хотя между данными двух методов и существуют тесные связи [25], их раздельное клиническое значение не вызывает сомнения [19, 26, 27].

В серии из 4 тестов, проведенных у каждого из 21 стабильных пациентов на ПАПА (сначала раздельно в разные визиты, а потом последовательно за один визит) мы показали, что изменение параметров стандартного ПЭТ, проведенного сразу после интенсивного обмена в рамках первого компонента двойного мини-ПЭТ, в сравнении с предшествующими результатами стандартного теста соответствуют естественному повышению перитонеального транспорта с течением времени в рамках «старения» перитонеальной мембраны за полугодовой интервал между тестами [21, 28]. В отобранной для анализа группе пациентов в период между сравниваемыми

тестами не было перитонитов, которые могли бы исказить ситуацию.

По-видимому, нет оснований считать, что совмещенное выполнение мини-ПЭТ и стандартного ПЭТ не оправдано при проведении автоматизированного перитонеального диализа, хотя в нашем исследовании такие пациенты и не были включены; желательное прямое подтверждение данного предположения.

**Заключение:** проведение совмещенного мини-ПЭТ и стандартного ПЭТ не искажает результатов последнего, и это позволяет проводить оценку двух тестов за один визит пациента, что уменьшает логистические затраты для пациента и диализного центра, открывая, тем самым, больше возможностей для адекватного контролируемого использования перитонеальной мембраны в ПД.

*Никто из авторов не имеет конфликтов интересов.*

*The authors declare no conflicts of interest.*

#### Вклад авторов:

С.К.А. – дизайн исследования, сбор и обработка клинических данных, исходный вариант текста рукописи; Г.Р.П. и С.А.Б. – обработка клинических данных, редактирование рукописи; З.А.Ю. – концепция и дизайн исследования, статистическая обработка данных, Б.Н.В. – концепция и дизайн исследования, окончательное редактирование текста рукописи. Все авторы внесли значимый вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией.

#### Author's contribution:

S.K.A. – study design, data collection and processing, manuscript writing; G.R.P. and S.A.B. – study design, clinical data processing, manuscript editing; Z.A.Yu. – study concept and design, statistical data processing, B.N.V. – study concept and design, final manuscript editing. All authors read and approved the final version of the article before the publication.

#### Информация об авторах:

**Салихова Карина Александровна** – заведующая отделением диализа, врач-нефролог ОП №1 ООО «ББраун Авитум Руссланд Клиникс» в г. Санкт-Петербурге; e-mail: karisha13@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0008-5100-6601>

**Герасимчук Роман Павлович** – канд. мед. наук, врач отделения диализа Городского нефрологического центра СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница»; ассистент кафедры внутренних болезней, клинической фармакологии и нефрологии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский институт им. И.И. Мечникова»; e-mail: romger@rambler.ru; <https://orcid.org/0009-0009-2309-8083>

**Сабодаш Анастасия Борисовна** – канд. мед. наук, главный врач ОП №1 ООО «ББраун Авитум Руссланд Клиникс» в г. Санкт-Петербурге; доцент кафедры нефрологии и диализа ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский ГМУ им. акад. И.П. Павлова»; e-mail: sabodash@list.ru; <https://orcid.org/0009-0007-9561-9779>

**Земченков Александр Юрьевич** – канд. мед. наук, доцент, врач отделения диализа Городского нефрологического центра СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница»; e-mail: kletk@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4590-3380>

**Бакулина Наталья Валерьевна** – д-р мед. наук, заведующая кафедрой внутренних болезней, клинической фармакологии и нефрологии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский институт им. И.И. Мечникова»; e-mail: nv\_bakulina@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4075-4096>

#### Author's information:

**Dr Karina A. Salikhova**, e-mail: karisha13@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0008-5100-6601>

**Dr Roman P. Gerasimchuk**, e-mail: romger@rambler.ru; <https://orcid.org/0009-0009-2309-8083>

**Dr Anastasia B. Sabodash**, e-mail: sabodash@list.ru; <https://orcid.org/0009-0007-9561-9779>

**Dr Aleksandr Yu. Zemchenkov**, e-mail: kletk@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4590-3380>

**Dr Natalia V. Bakulina**, e-mail: nv\_bakulina@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4075-4096>

### Список литературы

1. Heaf J., Heiro M., Petersons A. et al. First-year mortality in incident dialysis patients: results of the Peridialysis study. *BMC Nephrol.* 2022. 23(1):229. doi: 10.1186/s12882-022-02852-1

2. Земченков А.Ю., Вишневецкий К.А., Сабодаш А.Б. и соавт. Сроки начала и другие факторы на старте диализа, влияющие на выживаемость: Санкт-Петербургский регистр пациентов на заместительной почечной терапии. *Нефрология и диализ.* 2017. 19(2): 255-270.

Zemchenkov A.Yu., Vishnevskii K.A., Sabodash A.B. et al. The timing and other dialysis start features associated with survival: St-Petersburg renal replacement therapy register. *Nephrology and Dialysis.* 2017. 19(2):255-270. doi: 10.28996/1680-4422-2017-2-255-270

3. Yao X., Lei W., Shi N. et al. Impact of initial dialysis modality on the survival of patients with ESRD in eastern China: a propensity-matched study. *BMC Nephrol.* 2020. Jul 29;21(1):310. doi: 10.1186/s12882-020-01909-3

4. Morelle J., Stachowska-Pietka J., Öberg C. et al. ISPD recommendations for the evaluation of peritoneal membrane dysfunction in adults: Classification, measurement, interpretation and rationale for intervention. *Perit Dial Int.* 2021. 41(4):352-372. doi: 10.1177/0896860820982218

5. Морель П., Стаховска-Пьетка Дж., Карл Эберг К. и соавт. Рекомендации ISPD по оценке дисфункции перитонеальной мембраны у взрослых: классификация, измерение, интерпретация и обоснование вмешательства. Перевод на русский язык: Салихова К.А., Герасимчук Р.П., Андрусев А.М., Земченков А.Ю. под редакцией Захаровой Е.В. Нефрология и Диализ, 2023; 25(2): стр. 232-256 doi: 10.28996/2618-9801-2023-2-232-256
6. Mijalis S., Nolph K., Gokal R. et al. Evaluation and management of ultrafiltration problems in peritoneal dialysis. International Society for Peritoneal Dialysis Ad Hoc Committee on Ultrafiltration Management in Peritoneal Dialysis. Perit Dial Int. 2000. 20(Suppl 4):S5-21. PMID: 11098926
7. Branco P., Calça R., Martins A.R. et al. Fibrosis of Peritoneal Membrane, Molecular Indicators of Aging and Frailty Unveil Vulnerable Patients in Long-Term Peritoneal Dialysis. Int J Mol Sci. 2023. 24(5):5020. doi: 10.3390/ijms24055020
8. Li D., Li Y., Zeng H., Wu Y. Risk factors for Encapsulating Peritoneal Sclerosis in patients undergoing peritoneal dialysis: A meta-analysis. PLoS One. 2022. 17(3):e0265584. doi: 10.1371/journal.pone.0265584
9. Twardowsky Z.J., Nolph K.D., Khanna R. et al. Peritoneal equilibration test. Perit Dial Bull. 1987. 7:138-47
10. Nolph K.D., Hano J.E., Teschan P.E. Peritoneal sodium transport during hypertonic peritoneal dialysis. Ann Intern Med. 1969. 70(5):931-41. PMID: 11098926
11. Nolph K.D., Twardowsky Z.J., Popovich R.P., Rubin J. Equilibration of peritoneal dialysis solutions during long-dwell exchanges. J Lab Clin Med. 1979. 93(2):246-56. PMID: 429837.
12. Rippe B., Venturoli D., Simonsen O., DeArtega J. Fluid and electrolyte transport across the peritoneal membrane during CAPD according to the three-pore model. Perit Dial Int. 2004. 24(1):10-27. PMID: 15104333
13. Smit W., Struijk D.G., Ho-Dac-Pannekeet M.M., Krediet R.T. Quantification of free water transport in peritoneal dialysis. Kidney Int. 2004. 66(2):849-54. doi: 10.1111/j.1523-1755.2004.00815.x
14. Салихова КА, Костылева ТТ, Андрусев АМ и соавт. Двойной короткий тест перитонеального равновесия (двойной мини-РЕТ) в оценке функции перитонеальной мембраны и влияющие на нее факторы. Нефрология и диализ. 2017. 19(4):499-511.
- Salikhova K.A., Kostyleva T.G., Andrushev A.M. et al. Double mini peritoneal equilibration test (mini-PET) in evaluation of peritoneal membrane function and its determinants. Nephrology and Dialysis. 2017. 19(4):499-511. doi: 10.28996/1680-4422-2017-4-499-511
15. La Milia V., Di Filippo S., Crepaldi M. et al. Mini-peritoneal equilibration test: A simple and fast method to assess free water and small solute transport across the peritoneal membrane. Kidney Int. 2005. 68(2):840-6
16. La Milia V., Limardo M., Virga G. et al. Simultaneous measurement of peritoneal glucose and free water osmotic conductance. Kidney Int. 2007. 72(5):643-50
17. van Biesen W., Heimbürger O., Krediet R. et al. Evaluation of peritoneal membrane characteristics: clinical advice for prescription management by the ERBP working group. Nephrol Dial Transplant. 2010. 25(7):2052-62. doi: 10.1093/ndt/gfq100
18. Romani R.F., Waniewski J., Kruger L. et al. Comparison of three PET methods to assess peritoneal membrane transport. Braz J Med Biol Res. 2019. 52(8):e8596. doi: 10.1590/1414-431X20198596
19. La Milia V. Peritoneal transport testing. J Nephrol. 2010. 23(6):633-47. PMID: 20540028
20. Clause A.L., Keddar M., Crott R. et al. A Large Intrapertoneal Residual Volume Hampers Adequate Volumetric Assessment of Osmotic Conductance to Glucose. Perit Dial Int. 2018. 38(5):356-362. doi: 10.3747/pdi.2017.00219
21. Waniewski J., Antosiewicz S, Baczyński D et al. Changes of peritoneal transport parameters with time on dialysis: assessment with sequential peritoneal equilibration test. Int J Artif Organs. 2017. 40(11):595-601. doi: 10.5301/ijao.5000622
22. Galach M., Antosiewicz S., Baczyński D. et al. Sequential peritoneal equilibration test: a new method for assessment and modelling of peritoneal transport. Nephrol Dial Transplant. 2013. 28(2):447-54. doi: 10.1093/ndt/gfs592
23. Bernardo A.P., Bajo M.A., Santos O. et al. Two-in-one protocol: simultaneous small-pore and ultras-small-pore peritoneal transport quantification. Perit Dial Int. 2012. 32(5):537-44. doi: 10.3747/pdi.2011.00175
24. Waniewski J., Paniagua R., Stachowska-Pietka J. et al. Threefold peritoneal test of osmotic conductance, ultrafiltration efficiency, and fluid absorption. Perit Dial Int. 2013. 33(4):419-25. doi: 10.3747/pdi.2011.00329
25. Baştuğ F., Dursun I., Dursun J. et al. Could mini-PET be used to instead of 4 h original-PET to assess peritoneal permeability in children on peritoneal dialysis? Ren Fail. 2014. 36(4):562-6. doi: 10.3109/0886022X.2013.879368
26. Wang A.Y., Dong J., Xu X., Davies S. Volume management as a key dimension of a high-quality PD prescription. Perit Dial Int. 2020. 40(3):282-292. doi: 10.1177/0896860819895365
27. Jiang C., Lo W.K. Trend of peritoneal transport and impact on patient survival: A 10-year follow-up cohort study. Clin Nephrol. 2018. 89(5):349-357. doi: 10.5414/CN108917
28. Van Overmeire L., Goffin E., Krzesinski J.M. et al. Peritoneal equilibration test with conventional 'low pH/high glucose degradation product' or with biocompatible 'normal pH/low glucose degradation product' dialysates: does it matter? Nephrol Dial Transplant. 2013. 28(7):1946-51. doi: 10.1093/ndt/gfs433

Дата получения статьи: 28.03.2023

Дата принятия к печати: 25.04.2023

Submitted: 28.03.2023

Accepted: 25.04.2023