



## Корреляционная связь между возрастом и рентгенологическими проекциями входа и выхода из таза

Н.Н. Заднепровский, Ф.А. Шарифуллин, А.И. Жуков, Т.Г. Бармина, П.А. Иванов

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского  
Департамента здравоохранения г. Москвы», г. Москва, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Нестабильные переломы заднего полукольца таза являются актуальной проблемой в хирургии повреждений костей скелета. На современном этапе наибольшее распространение получили малоинвазивные методики остеосинтеза. Правильная рентгенологическая визуализация является важной составляющей корректной и успешной установки илиосакральных и трансакральных винтов. Получение и точное интерпретирование рентгеновских снимков может быть сложной задачей в определенных клинических ситуациях, связанных с возрастными изменениями скелета.

**Целью** исследования являлась оценка влияния возраста пациентов на величину углов рентгенологических проекций входа и выхода из таза для выполнения фиксации переломов крестца канюлированными винтами.

**Материал и методы.** Для проведения исследования выполнен анализ данных КТ 106 пациентов с повреждениями заднего отдела таза, требовавшими фиксации канюлированными винтами. Использовали реконструированную сагитальную проекцию предоперационных КТ. Были проведены построения и измерения углов истинного входа, супервхода, углов раскрытия таза, вогнутости крестца, промонториума, выхода из таза S1, выхода из таза S2. Оценена статистическая корреляция угла наклона крестца с возрастом пациента.

**Результаты.** Двухэтапный кластерный анализ разделил совокупность пациентов на две группы с существенными различиями по углам раскрытия таза и возрасту ( $N_1 = 64$ ;  $N_2 = 42$ ). Между двумя кластерами по всем исследуемым параметрам выявлены статистически значимые различия: медианные значения углов истинного входа в таз —  $27,2^\circ$  [23,2–32,2] и  $18,2^\circ$  [11,4–26,6] соответственно ( $p < 0,001$ ); супервхода в таз —  $42,5^\circ$  [39,3–47,8] и  $36,2^\circ$  [28,7–42,8] соответственно ( $p < 0,001$ ); углов промонториума —  $128,1^\circ$  [123,3–133,2] и  $122,1^\circ$  [115,6–129,3] соответственно ( $p = 0,003$ ); углов раскрытия таза —  $62,6^\circ$  [58,4–69,6] и  $50,3^\circ$  [45,9–53,5] соответственно ( $p < 0,001$ ); углов выхода — S1 —  $51,8^\circ$  [48,9–56,5] и  $46,8^\circ$  [43,1–50,2] соответственно ( $p < 0,001$ ); углов выхода S2 —  $40,8^\circ$  [37,3–44,6] и  $35,7^\circ$  [30,9–38,6] соответственно ( $p < 0,001$ ); среднее углов вогнутости крестца —  $174,8 \pm 10,5^\circ$  и  $152,1 \pm 38,2^\circ$  соответственно ( $p < 0,001$ ); возраста —  $41,6 \pm 18,7$  и  $69,2 \pm 16,1$  лет соответственно ( $p < 0,001$ ). Выявлена обратная статистически значимая корреляционная связь между возрастом и углом наклона таза ( $\rho = 0,534$ ;  $p < 0,001$ ). В процессе выполнения исследования был разработан способ определения хирургического дисморфизма крестца с помощью построения угла в пределах костного коридора S1. Угол, при котором мы считаем крестец дисморфичным, равен или меньше  $5^\circ$ .

**Заключение.** При увеличении возраста пациента на один год угол раскрытия таза уменьшается на  $0,26^\circ$ . При угле истинного входа, равном или меньше  $14,45^\circ$ , следует ожидать сложности визуализации проекции выходов S1 и S2 во время операции. Медиана разницы углов до и после коррекции переднего наклона крестца при помощи подкладывания валика под копчик составила  $9,4^\circ$  с интерквартильным размахом от  $7,8^\circ$  до  $11^\circ$ . Среди включенных в исследование пациентов выявлены значительные анатомические различия в строении заднего полукольца таза. Изображения сагитальной реконструкции предоперационной КТ позволяют соответствующим образом спланировать предоперационную визуализацию с учетом предполагаемых интраоперационных рентгенологических видов входа и выхода.

**Ключевые слова:** проекция истинного входа, проекция стандартного входа, проекция супервхода, проекция выхода S1, проекция выхода S2, костный коридор, переломы таза.

**Для цитирования:** Заднепровский Н.Н., Шарифуллин Ф.А., Жуков А.И., Бармина Т.Г., Иванов П.А. Корреляционная связь между возрастом и рентгенологическими проекциями входа и выхода из таза. *Травматология и ортопедия России*. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17514>.

Заднепровский Никита Николаевич; e-mail: [zacuta2011@gmail.com](mailto:zacuta2011@gmail.com)

Рукопись получена: 28.03.2024. Рукопись одобрена: 23.04.2024. Статья опубликована онлайн: 27.04.2024.

© Заднепровский Н.Н., Шарифуллин Ф.А., Жуков А.И., Бармина Т.Г., Иванов П.А., 2024



## Influence of Age on Pelvic Inlet and Outlet Radiographic Views

Nikita N. Zadneprovskiy, Faat K. Scharifullin, Tatyana G. Barmina, Alexander I. Zhukov, Pavel A. Ivanov

*Sklifosovsky Research Institute For Emergency Medicine, Moscow, Russia*

### Abstract

**Background.** Unstable fractures of the posterior pelvic ring represent a pressing concern in trauma surgery. Minimally invasive osteosynthesis techniques have gained widespread acceptance in contemporary practice. Accurate radiographic visualization is a critical component for the precise and successful placement of iliosacral and transsacral screws. Obtaining and accurately interpreting X-ray images can pose challenges in specific clinical situations, particularly those involving age-related skeletal changes.

**The aim** of the study is to assess the influence of the patient's age on the measures of pelvic radiographic inlet and outlet views angles for performing a sacral fracture fixation using cannulated screws.

**Methods.** A retrospective analysis of CT data was conducted on 106 patients with posterior pelvic ring injuries requiring cannulated screw fixation. Preoperative CT scans were reconstructed into sagittal projections. We performed construction and measurement of the true inlet angle, super-inlet angle, pelvic outlet angle, sacral concavity angle, promontory angle, S1 and S2 outlet view angles. Statistical correlation between sacral tilt angle and the patient's age was assessed.

**Results.** A two-step cluster analysis divided the patient cohort into two groups with significant differences in pelvic outlet angles and age ( $N_1 = 64$ ,  $N_2 = 42$ ). Statistically significant differences were found between the two clusters in all the studied parameters: median values of true pelvic inlet angles were  $27.2^\circ$  [23.2-32.2] and  $18.2^\circ$  [11.4-26.6] respectively ( $p < 0.001$ ); super-inlet angles were  $42.5^\circ$  [39.3-47.8] and  $36.2^\circ$  [28.7-42.8] respectively ( $p < 0.001$ ); promontory angles were  $128.1^\circ$  [123.3-133.2] and  $122.1^\circ$  [115.6-129.3] respectively ( $p = 0.003$ ); pelvic outlet angles were  $62.6^\circ$  [58.4-69.6] and  $50.3^\circ$  [45.9-53.5] respectively ( $p < 0.001$ ); S1 outlet angles were  $51.8^\circ$  [48.9-56.5] and  $46.8^\circ$  [43.1-50.2] respectively ( $p < 0.001$ ); S2 outlet angles were  $40.8^\circ$  [37.3-44.6] and  $35.7^\circ$  [30.9-38.6] respectively ( $p < 0.001$ ); the mean of the sacral concavity angles was  $174.8^\circ \pm 10.5$  and  $152.1^\circ \pm 38.2$  respectively ( $p < 0.001$ ); and the main age was  $41.6 \pm 18.7$  and  $69.2 \pm 16.1$  years respectively ( $p < 0.001$ ). A statistically significant inverse correlation between age and pelvic tilt angle ( $\rho = 0.534$ ;  $p < 0.001$ ) was found. A novel diagnostic method for identifying sacral dysmorphism using angle measurement within the S1 bone corridor is presented. The sacrum was considered dysmorphic if the angle was equal to or less than  $5^\circ$ .

**Conclusions.** As the patient's age increases by one year, pelvic outlet angle decreases by  $26^\circ$ . If pelvic inlet angles are equal to or less than  $14.45^\circ$ , the difficulties in visualizing S1 and S2 outlet views during surgery are to be expected. The median of angles difference before and after anterior sacral tilt correction using a coccyx pad was  $9.4^\circ$  with interquartile range from  $7.8^\circ$  to  $11^\circ$ . Significant anatomical variations in posterior pelvic ring structure were observed among the study cohort. Preoperative CT sagittal reconstructions allow appropriate planning of intraoperative visualization considering expected intraoperative radiographic inlet and outlet views.

**Keywords:** true inlet view, standard inlet view, super-inlet view, S1 outlet view, S2 outlet view, bone corridor, pelvic fracture.

**Cite as:** Zadneprovskiy N.N., Scharifullin F.K., Barmina T.G., Zhukov A.I., Ivanov P.A. Influence of Age on Pelvic Inlet and Outlet Radiographic Views. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17514>.

✉ Zadneprovskiy N. Nikita; e-mail: [zacuta2011@gmail.com](mailto:zacuta2011@gmail.com)

Submitted: 28.03.2024. Accepted: 23.04.2024. Published Online: 27.04.2024.

© Zadneprovskiy N.N., Scharifullin F.K., Barmina T.G., Zhukov A.I., Ivanov P.A., 2024

## ВВЕДЕНИЕ

Малоинвазивная фиксация переломов крестца илиосакральными или трансакральными винтами является широко распространенным методом лечения нестабильных переломов заднего отдела тазового кольца [1, 2, 3, 4]. Для установки винтов интраоперационно используют проекции входа и выхода из таза в сочетании с боковыми рентгеновскими изображениями [5, 6]. Доскональное знание анатомии помогает отличить типичное строение верхнего отдела крестца от различных вариантов дисморфизма [7, 8, 9, 10]. Предоперационная компьютерная томография (КТ) необходима для понимания структуры крестца, планирования предоперационных рентгенологических углов для проекций входа и выхода из таза и определения направлений канюлированных винтов [6, 11]. Игнорирование предоперационного планирования может привести к увеличению времени операции и радиационной нагрузки. Правильное положение пациента на операционном столе в зависимости от наклона крестца помогает достичь оптимальных углов наклона С-дуги [4, 12].

Различные степени сакрального кифоза или поясничного лордоза, а также наличие любой степени дисморфизма крестца предполагают широкий диапазон величины углов входа и выхода из таза [5, 13, 14]. Помимо изучения характера перелома, предоперационная КТ может быть использована для предварительного определения оптимальных углов входа и выхода. Это может помочь хирургам добиться необходимых проекций во время операции практически у всех пациентов. Кроме того, это может быть полезно в сложных клинических ситуациях, включая патологическое ожирение, сенильный остеопороз и пневматизацию кишечника.

**Цель исследования** — оценить влияние возраста пациентов на величину углов рентгенологических проекций входа и выхода из таза для выполнения

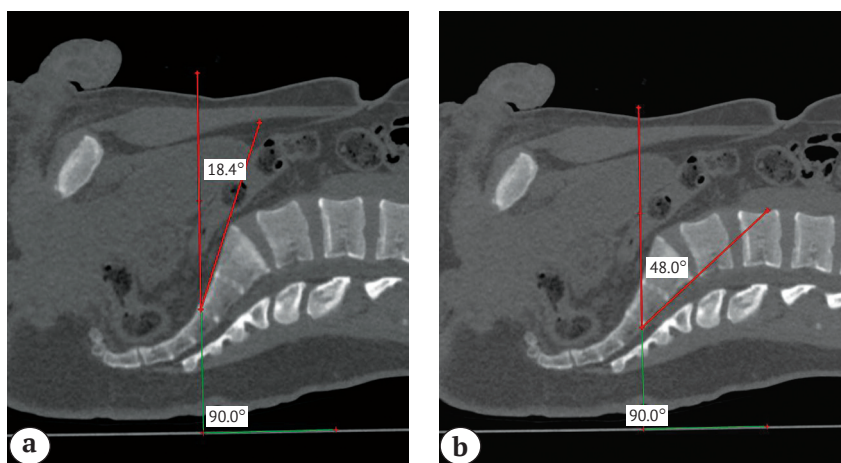
фиксации переломов крестца канюлированными винтами.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведено ретроспективное исследование с участием 106 пациентов, госпитализированных в НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского с рентгенологически подтвержденным диагнозом «горизонтально нестабильный перелом крестца от переднезадней и боковой компрессии» (61B1-3 по классификации АО/ОТА 2018 [15]). В исследование не вошли пациенты с вертикальной нестабильностью таза (61С по классификации АО/ОТА 2018), разрывами крестцово-поясничных сочленений, переломовывихами оснований подвздошных костей; U-, H- и Y-образными переломами крестца, т.н. “jumper fracture” («переломами суицидника»).

Исследование проводили с января 2021 г. по декабрь 2023 г. Всем пациентам, включенным в исследование, выполняли предоперационное КТ-исследование таза в положении на спине. Обработку данных и измерения осуществляли в системе архивирования изображений и связи (ClearCanvas DICOM Viewer) с использованием программы RadiAnt DICOM Viewer.

Построение и расчет необходимых углов выполняли по реконструированной КТ в сагиттальной проекции. Угол истинного входа строили с вершиной на межпозвоночном диске S2-S3 по передней поверхности, с лучом, совпадающим с вертикальной восстановленной линией к горизонтальной поверхности стола, на котором лежал пациент, и лучом, соединяющим вершину угла и передний край промонториума (рис. 1а). Угол супервхода строили с вершиной угла на межпозвоночном диске S2-S3 по задней поверхности, с лучом, совпадающим с вертикальной восстановленной линией к горизонтальной поверхности стола, на котором лежал пациент, и лучом, лежащим на задней поверхности крестцовых позвонков S1-S2 (рис. 1б)



**Рис. 1.** Угол истинного входа в таз (а); угол супервхода в таз (б)

**Fig.1.** True inlet pelvic angle (a); super-inlet pelvic angle (b)

Угол выхода S1 строили с вершиной на середине верхней границы крестцового отверстия S1, с лучом, совпадающим с вертикальной восстановленной линией к горизонтальной поверхности стола, на котором лежал пациент, и лучом, соединяющим вершину угла и верхний край лобковой кости (рис. 2а). Угол выхода S2 строили с вершиной на середине верхней границы крестцового отверстия S2, с лучом, совпадающим с вертикальной восстановленной линией к горизонтальной поверхности стола, на котором лежал пациент, и лучом, соединяющим вершину угла и верхний край лобковой кости (рис. 2б).

Угол вогнутости крестца строили с вершиной на межпозвоночном диске S1-S2 по передней поверхности, с лучом, совпадающим с передней поверхностью крестцового позвонка S1, и лучом, совпадающим с передней поверхностью крестцового позвонка S2 (рис. 3а).

Угол промонториума строили с вершиной на передне-верхнем крае S1 позвонка, с лучом, лежащим на его передней поверхности, и лучом,

лежащим на передней поверхности поясничного позвонка L5 (рис. 3б).

Угол раскрытия таза строили с вершиной на межпозвоночном диске S2-S3 по передней поверхности, с лучом, лежащим на передней поверхности крестцовых позвонков S1-S2, и лучом, соединяющим вершину угла и верхний край симфиза (рис. 4а). Угол для определения дисморфизма верхнего отдела крестца ABC строили с вершиной на наружной стенке основания подвздошной кости, с лучом, который проходил максимально близко и параллельно верхнему краю позвонка S1, не выходя за его пределы, и луча, соединяющего вершину угла и верхний край контралатерального крестцового отверстия S1. Расчет оптимального угла дисморфизма выполнили, используя размеры максимально большого таза из всей выборки. Беря во внимание тот факт, что наибольшие сужения в костных коридорах находятся на уровне крестцовых отверстий, мы измерили длину катета АВ прямоугольного треугольника ABC (рис. 4б).

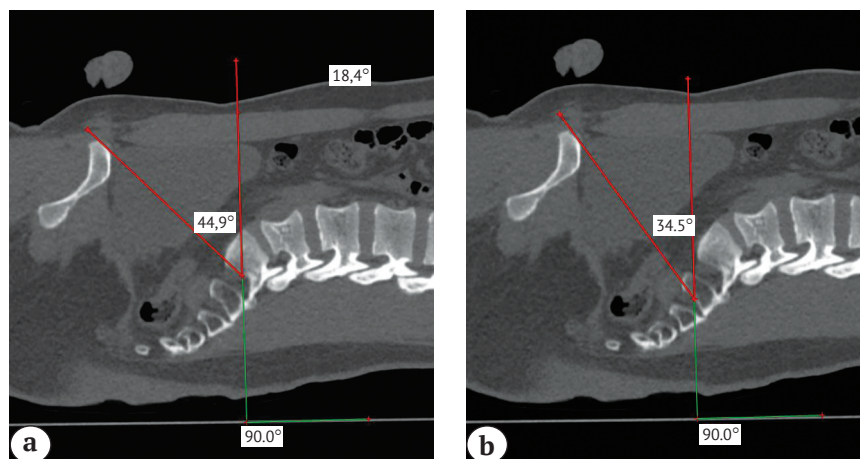


Рис. 2. Угол выхода S1 (а);  
угол выхода S2 (б)

Fig. 2. S1 outlet view angle (a);  
S2 outlet view angle (b)

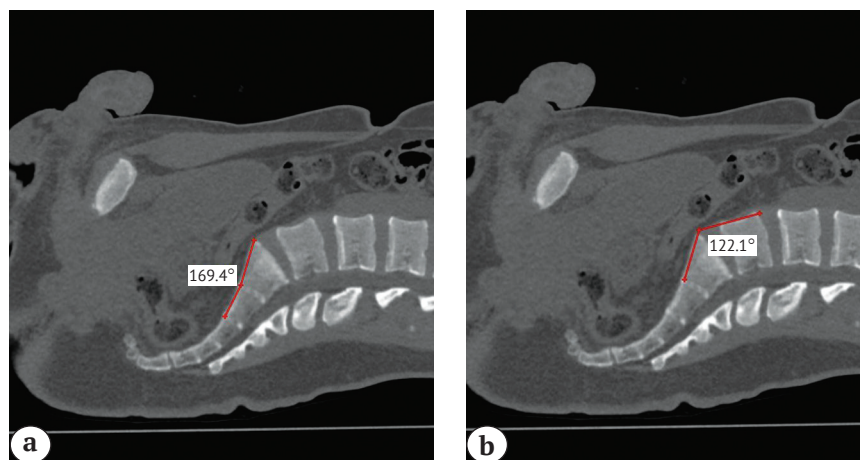
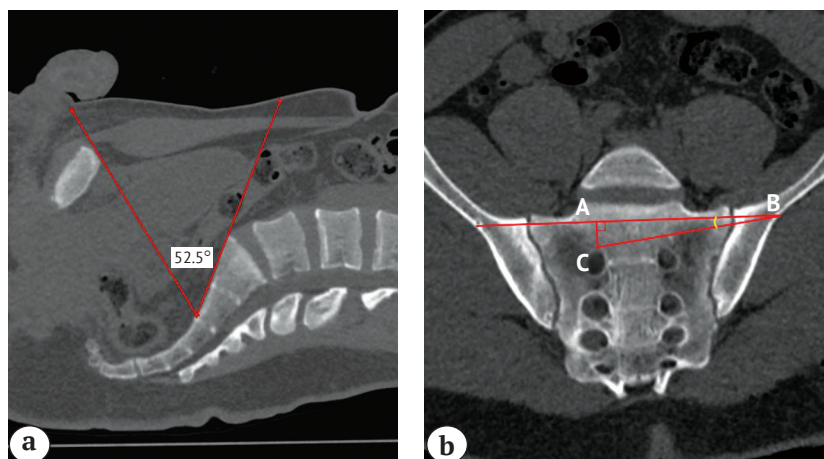


Рис. 3. Угол вогнутости крестца (а),  
угол промонториума (б)

Fig. 3. Sacral concavity angle (a),  
promontory angle (b)



**Рис. 4.** Угол раскрытия таза (а); построение треугольника для определения угла дисморфизма верхнего отдела на уровне S1 крестца (б)

**Fig. 4.** Pelvic outlet angle (a); construction of the triangle for identifying the angle of dysmorphia of the upper sacrum in S1 (b)

Так как мы приняли положение, что оптимальный диаметр костного коридора составляет 10 мм, то он будет определять длину катета AC. Полученные данные подставили в формулу вычисления углов в прямоугольном треугольнике:

$$\operatorname{tg}(\text{угол ABC}) = \frac{AC}{AB} = \frac{10 \text{ мм}}{114 \text{ мм}} = 5,013^\circ.$$

КТ признаком хирургического дисморфизма считали угол менее  $5^\circ$ .

Остеосинтез переломов крестца проводили малоинвазивным способом в положении пациентов на спине. Обработку операционного поля антисептиками и обкладывание пациента стерильным бельем выполняли согласно внутреннему протоколу. В качестве обезболивания использовали проводниковую анестезию или комбинированную с ИВЛ на фоне миорелаксантов. Остеосинтез крестца выполняли полнорезьбовыми 6,5 мм канюлированными винтами (НПО «Имплант-Н», Россия) по 2,5 мм направляющим спицам с концевой нарезкой (АО «Остеомед», Россия) методом свободной руки. Рентгенологический контроль во время выполнения остеосинтеза крестца проводили при помощи С-дуги (Siemens Arcadis Varic, Healthineers AG, Германия). Использовали илиосакральные и трансакральные способы проведения винтов через крестец в зависимости от морфотипа верхнего отдела крестца. При нормальном морфотипе крестца трансакральные винты проводили на уровне костного коридора S1. При дисморфизме крестца трансакральные винты проводили на уровне S2, а илиосакральные винты устанавливали на уровне S1 под индивидуальным углом в коронарной и аксиальной плоскостях. Для наклона крестца кпереди использовали валик под поясницей для формирования избыточного лордоза. Для наклона крестца кзади подкладывали валик под копчик для уплощения лордоза в поясничной области позвоночника. Возникающее при этом разгибание туловища за счет приподнимания таза

над столом позволяет увеличить наклон орбиты С-дуги для визуализации проекции выхода в таз. Для измерения углов до и после коррекции наклона крестца мы сохраняли изображения С-дуги в цифровом формате и далее выполняли расчет соответствующих углов на компьютере.

#### Статистический анализ

Полученные данные измерений были подвергнуты статистической обработке с использованием методов параметрического и непараметрического анализа в программе IBM SPSS Statistics v.27. Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению. Для этого использовался критерий Шапиро–Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерий Колмогорова–Смирнова (при числе исследуемых более 50). Совокупности количественных показателей, распределение которых отличалось от нормального, описывали при помощи значений медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей [Q1–Q3]. Для сравнения независимых совокупностей в случаях отсутствия признаков нормального распределения данных использовали U-критерий Манна–Уитни. При сравнении нескольких выборок количественных данных, имеющих распределение, отличное от нормального, использовался критерий Краскела–Уоллиса. С целью изучения связи между явлениями, представленными количественными данными, распределение которых отличалось от нормального, использовался непараметрический метод — расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Теснота корреляционной связи оценивалась по шкале Чеддока ( $\rho$ ). Прогностическая модель, характеризующая зависимость количественной переменной от факторов, также представленных количественными показателями, разрабатывалась с помощью метода парной или множественной линейной регрессии. Для оценки диагностической значимости количественных признаков при прогно-

зировании определенного исхода, в том числе вероятности наступления исхода, рассчитанной с помощью регрессионной модели, применялся метод анализа ROC-кривых. Для объединения пациентов в группы, исходя из их сходства по измененным признакам, нами применялся двухэтапный кластерный анализ.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследуемую группу пациентов вошли 59 женщин (55,7%) и 47 мужчин (44,3%). Средний возраст составил 52,6±22,3 лет (95% ДИ: 48,3–56,9 лет).

Данные о механизме травмы и характеристики повреждений тазового кольца представлены в таблице 1.

Среднее время до операции составило 4,9 дня (min – 1, max – 28). У 37 (35%) пациентов выполнен остеосинтез лобковых костей блокируемыми штифтами, 12 (11,3%) пациентам проведены открытая репозиция и фиксация разрыва симфиза пластиной.

В результате двухэтапного кластерного анализа в структуре исследуемой совокупности были выделены два кластера. Доля первого кластера в общей структуре составила 60,4%, второго – 39,6%. Силуэтная мера связности и разделения

составила 0,3, что соответствует среднему качеству кластеров. Результаты сравнения полученных кластеров по изучаемым признакам представлены в таблице 2.

У пациентов первой клинико-статистической группы (первого кластера N<sub>1</sub>) средний возраст был существенно ниже, чем у пациентов второй клинико-статистической группы (второго кластера N<sub>2</sub>): значения составили 41,6±18,7 и 69,2±16,1 лет соответственно. При сравнении показателей с помощью t-критерия Стьюдента были установлены статистически значимые различия (p<0,001).

При сравнении показателей пациентов с помощью U-критерия Манна–Уитни по углам вогнутости крестца, углом истинного входа, углом супервхода, углом выхода S1 и S2, углом промоториума и углом раскрытия таза были установлены статистически значимые различия: p = 0,003 – для углов промоториума и p<0,001 – для всех остальных показателей.

Корреляционная связь возраста и угла раскрытия таза, оцененная с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена, статистически значима (p<0,001). Была установлена статистически значимая обратная корреляционная связь угла раскрытия таза с возрастом пациентов (ρ = 0,559; p<0,001): с увеличением возраста пациента уменьшался угол раскрытия таза. Связь имела заметную тесноту по шкале Чеддока.

Для определения зависимости угла раскрытия таза от возраста применили метод парной линейной регрессии. Наблюдаемая зависимость описывается уравнением:

$$Y = 72,1 - 0,26 \times X,$$

где Y – угол раскрытия таза (град.); X – возраст (полных лет).

При увеличении возраста на 1 год следует ожидать уменьшения угла раскрытия таза на 0,26° (каждые 10 лет следует ожидать уменьшение угла раскрытия таза от исходного на 2,6°). Корреляционная связь между возрастом и углом

Таблица 1

#### Механизм травмы и характеристики повреждений тазового кольца

	Абс. (%)
<b>Механизм травмы</b>	
ДТП (водитель)	22 (21)
ДТП (пешеход)	31 (29)
Падение на бок из положения стоя на земле	48 (45)
Другое	5 (5)
<b>Классификация АО/ОТА (2018)</b>	
61 B1	38 (36)
61 B2	51 (48)
61 B3	17 (16)

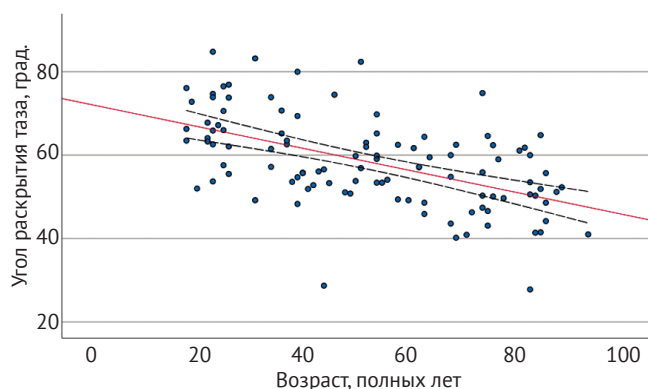
Таблица 2

#### Данные для сравнения между кластерами

Фактор	Первый кластер N <sub>1</sub> = 64	Второй кластер N <sub>2</sub> = 42	p
Возраст, полных лет, M±SD	41,6±18,7	69,2±16,1	<0,001*
Угол вогн. крестца, град., M±SD	174,8±10,5	152,1±38,2	<0,001*
Угол ист. входа, град., Me [IQR]	27,2 [23,2–32,2]	18,2 [11,4–26,6]	<0,001*
Угол супервхода, град., Me [IQR]	42,5 [39,3–47,8]	36,2 [28,7–42,8]	<0,001*
Угол выхода S1, град., Me [IQR]	51,8 [48,9–56,5]	46,8 [43,1–50,2]	<0,001*
Угол выхода S2, град., Me [IQR]	40,8 [37,3–44,6]	35,7 [30,9–38,6]	<0,001*
Угол промоториума, град., Me [IQR]	128,1 [123,3–133,2]	122,1 [115,6–129,3]	0,003*
Угол раскрытия таза, град., Me [IQR]	62,6 [58,4–69,6]	50,3 [45,9–53,5]	<0,001*

\* – различия показателей статистически значимы (p<0,05).

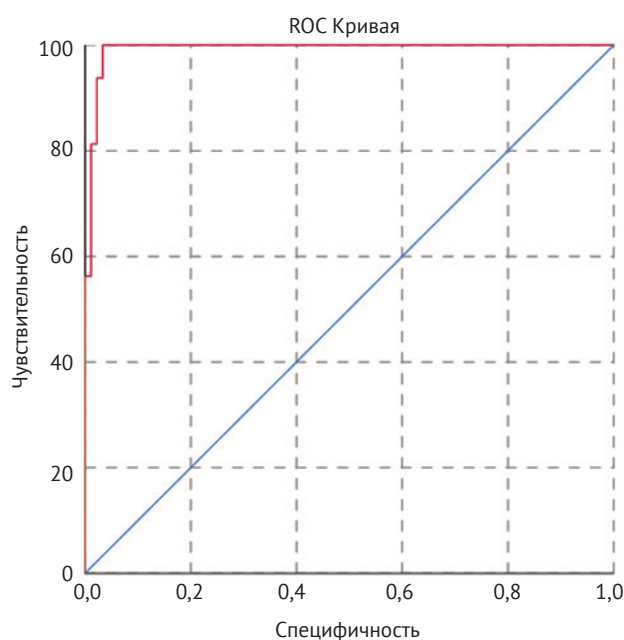
наклона таза — обратная, умеренная (по шкале Чеддока), статистически значимая ( $\rho = 0,534$ ;  $p < 0,001$ ). Включенные в модель факторы определяли 28,5% дисперсии возраста (рис. 5).



**Рис. 5.** Диаграмма рассеяния, характеризующая зависимость угла раскрытия таза от возраста с аппроксимирующей линией и линиями 95% ДИ

**Fig. 5.** Scatter diagram characterizing the correlation between pelvic outlet angle and age with approximating curve and lines [95% CI]

Для определения взаимосвязи прогноза возникновения потенциальных трудностей с визуализацией проекции выхода S1 и S2 во время операции и угла истинного входа по КТ использовали ROC-анализ. Площадь под ROC-кривой составила  $0,992 \pm 0,060$  (95% ДИ: 0,98–1,00). Пороговое значение угла истинного входа по КТ в точке cut-off равно  $14,45^\circ$ . При угле истинного входа, равном



**Рис. 6.** ROC-анализ оценки диагностической значимости исхода

**Fig. 6.** ROC curve analysis of the assessment of diagnostic value of the outcome

или меньше данного значения, прогнозировался высокий риск возникновения трудностей с визуализацией проекции выхода S1 и S2 во время операции. Чувствительность и специфичность метода составили 94% и 98% соответственно (рис. 6).

Для более развернутого статистического анализа оценки качества модели использовали расчет величины ошибок I и II рода (табл. 3).

Таблица 3

**Оценка качества модели по четырехпольной таблице**

Фактический исход	Прогнозируемый исход	
	Да (1; угол ист. входа $>14,45^\circ$ )	Нет (0; угол ист. входа $<14,45^\circ$ )
Да (1)	TP 15	FN 1
Нет (0)	FP 2	TN 88

При анализе четырехпольной таблицы получили значения следующих показателей:

$$Se = \frac{TP}{(TP+FN)} = \frac{15}{(15+1)} = 0,94 \quad Sp = \frac{TN}{(TN+FP)} = \frac{88}{(88+2)} = 0,98$$

$$PPV = \frac{TP}{(TP+FP)} = \frac{15}{(15+2)} = 0,88 \quad NPV = \frac{TN}{(TN+FN)} = \frac{88}{(88+1)} = 0,99$$

$$\text{Диагностическая эффективность} = \frac{(TP+TN)}{N} = \frac{(15+88)}{106} = 0,97,$$

где Se — чувствительность метода; Sp — специфичность метода; TP (true positive) — истинно положительный результат; TN (true negative) — истинно негативный результат; FN (false negative) — ложнонегативный результат; FP (false positive) — ложноположительный результат; PPV — положительная прогностическая значимость; NPV — отрицательная прогностическая значимость; N — количество измерений.

После коррекции положения таза на операционном столе во всех случаях ( $n = 16$ ) отметили наклон крестца кзади, отличающийся от первоначального. Медиана разницы углов до и после коррекции переднего наклона крестца при помощи подкладывания валика под копчик составила  $9,4^\circ$  [7,8–11°].

## ОБСУЖДЕНИЕ

Для исследования задних отделов таза, как правило, используют рутинные проекции входа, выхода и боковые рентгеновские изображения с помощью С-дуги [16, 17, 18]. Получение качественных интраоперационных изображений, наряду со способностью правильно интерпретировать рентгенографические ориентиры таза и их взаимосвязь с анатомическими структурами, являются чрезвычайно важными навыками [19, 20, 21].

Анатомическая вариабельность таза хорошо описана в литературе [11, 13, 22]. Традиционно проекции входа и выхода получали, направляя луч под углом  $45^\circ$  каудально и  $45^\circ$  краниально от вертикальной линии [14, 23, 24]. Это положение эволюционировало с течением времени, и с тех пор несколько исследований показали, что углы, необходимые для получения проекций входа и выхода, сильно отличаются [14, 22]. M.L. Graves и M.L. Routt в своем исследовании показали идеальные рентгенологические проекции входа  $25^\circ$  ( $21-33^\circ$ ) и выхода  $42^\circ$  ( $30-50^\circ$ ) [22]. В нашем исследовании мы получили похожие показатели: проекция истинного входа составила в среднем  $25^\circ$  ( $18-31^\circ$ ), а проекция выхода для S1 —  $50^\circ$  ( $46-54^\circ$ ).

Получение четких интраоперационных рентгеновских снимков является сложной задачей у пациентов с ожирением и остеопорозом. A.N. Miller и M.L. Routt выяснили, что избыточная плотность жира, связанная с морбидным ожирением и сенильным остеопорозом, значительно затрудняют визуализацию костных ориентиров таза [25]. Предоперационная КТ позволяет измерить индивидуальное положение крестца каждого пациента и помогает хирургу в правильном позиционировании С-дуги уже в условиях операционной, что в итоге будет способствовать безопасному размещению имплантата для остеосинтеза.

Кроме того, мы отметили технические трудности выведения проекции выхода у пациентов с выраженным передним наклоном крестца. При каудальном наклоне орбиты С-дуги его детектор рентгеновских лучей (особенно если он плоский и с большой диагональю) упирается в нижние конечности пациента, тем самым делая невозможным корректную проекцию выхода из-за недостаточного угла наклона штанги орбиты. Исправить положение можно, подкладывая валик на уровне крестца. Валик, расположенный под поясничным

отделом позвоночника, увеличивает лордоз и наклоняет крестец кпереди. Располагая валик в области копчика, можно добиться наклона крестца кзади за счет уплощения лордоза. Кроме того, разгибание нижних конечностей за счет подъема таза над столом позволяет увеличить наклон орбиты С-дуги. Применяя валики различной высоты, можно изменить угол наклона крестца до  $20^\circ$  [26]. В нашем исследовании мы получили меньшие показатели: медианное значение угла наклона крестца от первоначального состояния составило  $9,4^\circ$  [7,8–11,0°]. Тем не менее этот маневр помог достичь корректных проекций выхода из таза во всех случаях ( $n = 16$ ).

Еще одной проблемой корректной установки канюлированных винтов в крестец является наличие дисморфизма его верхнего отдела. Дисморфизм крестца определяется отсутствием костного коридора достаточной ширины для введения поперечного трансакрального винта [4, 11, 27]. Д.Г. Блинец с соавторами предлагают использовать пять морфотипов крестца в зависимости от того, сколько можно расположить трансакральных винтов в одном крестцовом позвонке: четырехкоридорные, трехкоридорные, двухкоридорные, однокоридорные и бескоридорные [11]. С нашей точки зрения, из всего многообразия переходных форм в практическом значении нас интересуют всего два: в который можно или нельзя провести один трансакральный винт через S1. Если винт провести невозможно, это критерий так называемого хирургического дисморфизма, если иначе, то рассматриваем верхний отдел крестца как вариант «нормоформы».

В литературе предлагаются различные способы выявления хирургического дисморфизма по ортогональным проекциям [11]. Вместо этих громоздких расчетов мы предлагаем определять всего один угол по одной реконструированной косогоризонтальной проекции. С нашей точки зрения, костный коридор — это воображаемый цилиндр диаметром не менее 10 мм, проходящий сквозь крестец через оба основания подвздошных костей и при этом не затрагивающий крестцовые отверстия и крестцовый канал. Эмпирически мы выяснили, что такой костный коридор имеет оптимальные размеры для расположения стандартных 6,5 и 7,3 мм канюлированных винтов. Костный коридор менее 1 см в диаметре связывали с высоким риском повреждения крестцовых отверстий или крестцового канала. Таким образом, в нашем исследовании мы диагностировали хирургический дисморфизм верхнего отдела крестца у 16 (15%) пациентов. Данная анатомическая особенность не имела корреляции с полом пациентов. При необходимости таким пациентам трансакральные винты проводили на уровне костного коридора S2.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы выявили статистическое значимое увеличение угла наклона крестца кпереди с увеличением возраста. Средний возраст 69,2 лет и старше является фактором риска для трудной верификации проекции выхода в положении на спине. При увеличении возраста на 1 год следует ожидать уменьшения угла раскрытия таза на 0,26°.

Рентгенологические углы входа и выхода из таза находятся в широком диапазоне, поэтому мы рекомендуем выполнение предоперационной КТ таза для их определения у каждого пациента ин-

дивидуально. Эта информация поможет достичь корректных проекций при помощи С-дуги уже в условиях операционной, особенно у пациентов с ожирением, избыточной пневматизацией кишечника и сенильным остеопорозом.

При угле истинного входа, равном или меньше 14,45°, на КТ существует высокий риск возникновения трудностей с визуализацией проекции выходов S1 и S2 во время операции, который требует подкладывания валика под копчик для наклона крестца кзади.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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

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

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию результатов.

## DISCLAIMERS

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** The authors obtained written consent from patients to participate in the study and publish the results.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Nork S.E., Jones C.B., Harding S.P., Mirza S.K., Rutt M.L.C. Percutaneous stabilization of U-shaped sacral fractures using iliosacral screws: Technique and early results. *J Orthop Trauma*. 2001;15(4):238-246. doi: 10.1097/00005131-200105000-00002.
- Rutt M.L. Jr., Simonian P.T. Closed reduction and percutaneous skeletal fixation of sacral fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;(329):121-128. doi: 10.1097/00003086-199608000-00015.
- Кавалерский Г.М., Донченко С.В., Слияков А.Ю., Черняев А.В. Малоинвазивная фиксация крестцово-подвздошного сочленения винтами. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2014;1:5-6. Kavalerskii G.M., Donchenko S.V., Slinyakov A.Yu., Chernyaev A.V. Minimally invasive fixation of the sacroiliac joint with screws. *The Department of Traumatology and Orthopedics*. 2014;1:5-6. (In Russian).
- Рунков А.В., Блинец Д.Г., Богаткин А.А. Малоинвазивная фиксация повреждений задних отделов таза. *Гений ортопедии*. 2013;2(2):10-15. Runkov A.V., Bliznets D.G., Bogatkin A.A. Little-invasive fixation of posterior pelvic injuries. *Genij Ortopedii*. 2013;2(2):10-15. (In Russian).
- Bishop J.A., Rutt M.L. Jr. Osseous fixation pathways in pelvic and acetabular fracture surgery: osteology, radiology, and clinical applications. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012;72(6):1502-1509. doi: 10.1097/TA.0b013e318246efe5.
- Эйдлина Е.М., Рунков А.В., Шлыков И.Л., Кузнецова Н.Л. Стандартизация рентгенографического исследования при травме таза. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2012;(6):25-29. Eidlina E.M., Runkov A.V., Shlykov I.L., Kuznetsova N.L. Standardization of X-ray study for pelvic injury. 2012;(6):25-29. (In Russian).
- Conflitti J.M., Graves M.L., Chip Rutt M.L. Jr. Radiographic quantification and analysis of dysmorphic upper sacral osseous anatomy and associated iliosacral screw insertions. *J Orthop Trauma*. 2010;24(10):630-636. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181dc50cd.
- Farrell E.D., Gardner M.J., Krieg J.C., Chip Rutt M.L. Jr. The upper sacral nerve root tunnel: an anatomic and clinical study. *J Orthop Trauma*. 2009;23(5):333-339. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181a2e419.
- Barber L.A., Katsuura Y., Qureshi S. Sacral fractures: A Review. *HSS J*. 2023;19(2):234-246. doi: 10.1177/15563316221129607.
- Gardner M.J., Morshed S., Nork S.E., Ricci W.M., Chip Rutt M.L. Jr. Quantification of the upper and second sacral segment safe zones in normal and dysmorphic sacra. *J Orthop Trauma*. 2010;24(10):622-629. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181cf0404.
- Блинец Д.Г., Рунков А.В., Шлыков И.Л. Профилактика осложнений фиксации задних отделов таза илиосакральными винтами. Екатеринбург; 2023. с. 41-42. Bliznets D.G., Runkov A.V., Shlykov I.L. Prevention of complications of fixation of the posterior parts of the pelvis with iliosacral screws. Ekaterinburg; 2023. p. 41-42. (In Russian).
- Бондаренко А.В., Круглыхин И.В., Плотников И.А., Талашкевич М.Н. Малоинвазивный остеосинтез повреждений заднего полукольца таза при политравме. *Политравма*. 2018;(4):37-45. Bondarenko A.V., Kruglykhin I.V., Plotnikov I.A., Talashkevich M.N. Minimally invasive osteosynthesis of pelvic ring injuries with polytrauma. *Polytrauma*. 2018;(4):37-45.

13. Ziran B.H., Wasan A.D., Marks D.M., Olson S.A., Chapman M.W. Fluoroscopic imaging guides of the posterior pelvis pertaining to iliosacral screw placement. *J Trauma*. 2007;62(2):347-356. doi: 10.1097/01.ta.0000229789.18211.85.
14. Ricci W.M., Mamczak C., Tynan M., Streubel P., Gardner M. Pelvic inlet and outlet radiographs redefined. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(10):1947-1953. doi: 10.2106/JBJS.I.01580.
15. Meinberg E.G., Agel J., Roberts C.S., Karam M.D., Kellam J.F. Fracture and dislocation classification compendium-2018. *J Orthop Trauma*. 2018;32 Suppl 1: S1-S170. doi: 10.1097/BOT.0000000000001063.
16. Moed B., Kellam J., McLaren A., Tile M. Internal fixation for the injured pelvic ring. In: *Fractures of the pelvis and acetabulum*. 3<sup>rd</sup> ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2003. p. 217-292.
17. Zwingmann J., Konrad G., Mehlhorn A.T., Südkamp N.P., Oberst M. Percutaneous iliosacral screw insertion: malpositioning and revision rate of screws with regards to application technique (Navigated vs. Conventional). *J Trauma*. 2010;69(6):1501-1506. doi: 10.1097/TA.0b013e3181d862db.
18. Collinge C., Coons D., Tornetta P., Aschenbrenner J. Standard multiplanar fluoroscopy versus a fluoroscopically based navigation system for the percutaneous insertion of iliosacral screws: a cadaver model. *J Orthop Trauma*. 2005;19(4):254-258. doi: 10.1097/01.bot.0000151821.79827.fb.
19. Routt M., Simonian P. Posterior pelvic ring disruptions: iliosacral screws. In: *Master techniques in orthopaedic surgery*. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998. p. 595-612.
20. Xu R., Ebraheim N.A., Robke J., Yeasting R.A. Radiologic evaluation of iliosacral screw placement. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(5):582-588. doi: 10.1097/00007632-199603010-00010.
21. Day C.S., Prayson M.J., Shuler T.E., Towers J., Gruen G.S. Transsacral versus modified pelvic landmarks for percutaneous iliosacral screw placement – a computed tomographic analysis and cadaveric study. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2000;29(9 Suppl):16-21.
22. Graves M.L., Routt M.L. Jr. Iliosacral screw placement: are uniplanar changes realistic based on standard fluoroscopic imaging? *J Trauma*. 2011;71(1):204-208. doi: 10.1097/TA.0b013e31821e842a.
23. Mostafavi H.R., Tornetta P. 3<sup>rd</sup>. Radiologic evaluation of the pelvis. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;(329):6-14. doi: 10.1097/00003086-199608000-00003.
24. Pennal G.F., Sutherland G.O. Fractures of the pelvis (motion picture). Park Tidge: American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) Film Library; 1961.
25. Miller A.N., Routt M.L. Jr. Variations in sacral morphology and implications for iliosacral screw fixation. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012;20(1):8-16. doi: 10.5435/JAAOS-20-01-008.
26. Eastman J.G., Routt M.L. Jr. Correlating preoperative imaging with intraoperative fluoroscopy in iliosacral screw placement. *J Orthop Traumatol*. 2015;16(4):309-316. doi: 10.1007/s10195-015-0363-x.
27. Хаджиев З.Б., Гринь А.А. Диагностика, хирургическое и консервативное лечение нестабильных переломов крестца (обзор литературы). *Нейрохирургия*. 2023;25(1):103-112. doi: 10.17650/1683-3295-2023-25-1-103-112  
Khadzhiev Z.B., Grin A.A. Diagnosis, surgical and conservative treatment of unstable sacral fractures (literature review). *Russian journal of neurosurgery*. 2023;25(1):103-112. (In Russian). doi: 10.17650/1683-3295-2023-25-1-103-112.

#### Сведения об авторах

✉ *Заднепровский Никита Николаевич* — канд. мед. наук  
Адрес: Россия, 129090, г. Москва,  
Большая Сухаревская площадь, д. 3  
<https://orcid.org/0000-0002-4432-9022>  
e-mail: [zacuta2011@gmail.com](mailto:zacuta2011@gmail.com)

*Шарифуллин Фаат Абдул-Каюмович* — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-7483-7899>  
e-mail: [drfaat@narod.ru](mailto:drfaat@narod.ru)

*Жуков Александр Игоревич*  
<https://orcid.org/0000-0001-6926-6497>  
e-mail: [ZhukovAI@sklif.mos.ru](mailto:ZhukovAI@sklif.mos.ru)

*Бармина Татьяна Геннадьевна*  
<https://orcid.org/0000-0002-2690-7378>  
e-mail: [barminat@inbox.ru](mailto:barminat@inbox.ru)

*Иванов Павел Анатольевич* — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-2954-6985>  
e-mail: [ipamailbox@gmail.com](mailto:ipamailbox@gmail.com)

#### Authors' information

✉ *Nikita N. Zadneprovskiy* — Cand. Sci. (Med.)  
Address: 3, Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow, 129090,  
Russia  
<https://orcid.org/0000-0002-4432-9022>  
e-mail: [zacuta2011@gmail.com](mailto:zacuta2011@gmail.com)

*Faat K. Scharifullin* — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-7483-7899>  
e-mail: [drfaat@narod.ru](mailto:drfaat@narod.ru)

*Alexander I. Zhukov*  
<https://orcid.org/0000-0001-6926-6497>  
e-mail: [ZhukovAI@sklif.mos.ru](mailto:ZhukovAI@sklif.mos.ru)

*Tatyana G. Barmina*  
<https://orcid.org/0000-0002-2690-7378>  
e-mail: [barminat@inbox.ru](mailto:barminat@inbox.ru)

*Pavel A. Ivanov* — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-2954-6985>  
e-mail: [ipamailbox@gmail.com](mailto:ipamailbox@gmail.com)