



«ЗОНА БЕЗОПАСНОСТИ» АЦЕТАБУЛЯРНОГО КОМПОНЕНТА В КОНЦЕПЦИИ ПОЗВОНОЧНО-ТАЗОВЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ

А.В. Пелеганчук, Э.Н. Тургунов, Е.А. Мушкатев, Б.Р. Таштанов, В.В. Павлов, А.А. Корыткин

Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии

им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия

Цель исследования. Анализ корреляции критериев положения ацетабулярного компонента (АК) с критериями сагиттального баланса при изменении пространственной позиции таза при смене позы тела из положения стоя в положение сидя и наоборот.

Материал и методы. Проведено проспективное исследование данных 20 пациентов, которым выполнено эндопротезирование тазобедренного сустава по поводу одностороннего коксартроза при отсутствии признаков артроза и нарушения функций контрлатерального сустава. На 20-й неделе после операции проведено рентгенологическое исследование позвоночника и тазобедренных суставов с анализом показателей антеверсии, инклинации, антенаклона АК, РТ, SS, РТ седалищный. Проведен поиск корреляций между показателями с применением метода корреляции Спирмена. Числовые ассоциации выявляли расчетом коэффициентов корреляции Пирсона. Проверку статистических гипотез проводили при критическом уровне значимости 0,05, то есть различие считалось статистически значимым при достигнутом уровне $p < 0,05$.

Результаты. Обнаружена прямая корреляция изменения параметров сагиттального баланса (SS, РТ) с положением АК. Сравнение средних значений и медиан исследуемых параметров, измеряемых в положении стоя и сидя, показало их высокую корреляцию между собой. Отмечена однотипная динамика изменения значений между параметрами антенаклона АК и РТ таза. Высокая прямая корреляция разности (Δ) величин антенаклона АК с РТ стоя и сильная корреляция Δ величин антенаклона с величинами РТ сидя указывают на опосредованную связь параметров сагиттального баланса с параметрами положения АК через параметр антенаклона АК. Это находит подтверждение сильной прямой корреляцией Δ РТ сидя/стоя с Δ инклинации АК (0,67) сидя/стоя и Δ антенаклона АК (0,82) сидя/стоя и обратной корреляцией Δ SS сидя/стоя с Δ инклинации впадины сидя/стоя и Δ антенаклона АК сидя/стоя (–0,7).

Заключение. Сравнение параметров сагиттального баланса (SS, РТ), измеряемых в положении стоя и сидя, с положением АК показало их прямую высокую корреляцию между собой. Антенаклон служит связующим критерием между параметрами сагиттального баланса и пространственным положением ацетабулярной впадины.

Ключевые слова: коксартроз; тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава; вывих головки бедренного компонента; сагиттальный баланс; антеверсия; антенаклон; зона безопасности; наклон таза; hip-spine синдром.

Для цитирования: Пелеганчук А.В., Тургунов Э.Н., Мушкатев Е.А., Таштанов Б.Р., Павлов В.В., Корыткин А.А. «Зона безопасности» ацетабулярного компонента в концепции позвоночно-тазовых взаимоотношений // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 2. С. 23–31.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.2.23-31>

SAFE ZONE FOR THE ACETABULAR COMPONENT IN THE CONCEPT OF SPINOPELVIC RELATIONSHIPS

A.V. Peleganchuk, E.N. Turgunov, E.A. Mushkachev, B.R. Tashtanov, V.V. Pavlov, A.A. Korytkin

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia

Objective. To analyze the correlation of the acetabular component (AC) position criteria with the sagittal balance criteria in pelvic translation associated with body posture change from a standing to a sitting position and vice versa.

Material and Methods. A prospective study of 20 patients who underwent hip arthroplasty for unilateral coxarthrosis, in the absence of signs of arthrosis and dysfunction of the contralateral joint was conducted. At the 20th week after surgery, an X-ray examination of the spine and hip joints was performed with an analysis of anteversion, inclination, AC anteversion, PT, SS, PTsit. A search for correlations between the indicators was carried out using the Spearman correlation method. Numerical associations were identified by calculating the Pearson correlation coefficients. Statistical hypotheses were tested at a critical significance level of 0.05, i.e. the difference was considered statistically significant when the level of $p < 0.05$ was achieved.

Results. A direct correlation was found between the changes in the sagittal balance parameters (SS, PT) and the AC position. Comparison of the mean values and medians of the studied parameters measured in the standing and sitting positions showed the high correlation between them. The same dynamics of changes in the values between the AC anteversion and pelvic PT parameters was noted. A high direct correlation of the difference (Δ) in the AC anteversion values with PT in standing position, and a strong correlation of Δ in the AC anteversion values with PT in sitting position indicates an indirect relationship between the sagittal balance parameters and the AC position.

parameters through the AC anteversion parameter. This is confirmed by the strong direct correlation of Δ (sitting/standing) PT with Δ (sitting/standing) AC inclination (0.67) and Δ (sitting/standing) AC anteversion (0.82), and by an inverse correlation of Δ (sitting/standing) SS with Δ (sitting/standing) AC inclination and Δ (sitting/standing) AC anteversion (-0.7).

Conclusion. Comparison of sagittal balance parameters (SS, PT) measured in standing and sitting positions with the position of the AC showed their direct high correlation with each other. Acetabular anteversion serves as a connecting criterion between sagittal balance parameters and the spatial position of the acetabular cup.

Keywords: coxarthrosis; total hip arthroplasty; dislocation of the femoral head; sagittal balance; AC inclination; AC anteversion; safe zone; pelvic tilt; hip-spine syndrome.

Please cite this paper as: Peleganchuk AV, Turgunov EN, Mushkachev EA, Tashtanov BR, Pavlov VV, Korytkin AA. Safe zone for the acetabular component in the concept of spinopelvic relationships. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(2):23–31. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.2.23-31>

Патологии поясничного отдела позвоночника и тазобедренного сустава долгое время исследовались изолированно. Не учитывались патологическая или послеоперационная ригидность и сопутствующая депрессия наклона таза или же уменьшение поясничного лордоза, компенсирующегося увеличением РТ из положения сидя в положение стоя [1, 2]. Исследования о связи типов позвоночника с частотой вывихов эндопротезов тазобедренных суставов описаны в отечественной литературе, но в незначительном количестве [3].

Вывихи эндопротеза у пациентов часто ассоциировались с сопутствующей патологией позвоночника, при этом частота вывихов составляла 7,4 % у пациентов с поясничной ригидностью (наличие в анамнезе анкилозирующего спондилита или одноуровневого или многоуровневого спондилодеза на поясничном уровне), по сравнению с пациентами с мобильным поясничным отделом – 4,8 % [2, 4]. Данное явление сочетанной патологии поясничного отдела позвоночника и тазобедренного сустава, известное как hip-spine синдром, ставило под сомнение безупречность ранее предложенной Lewinnek «зоны безопасности».

Взаимосвязь пространственной ориентации таза с позвоночником исследуется в рамках позвоночно-тазовых взаимоотношений [4, 5]. При этом корреляция критериев позвоночно-тазовых взаимоотношений с величинами углов инклинации и антеверсии как экспертных критериев положения ацетабулярного ком-

понента (АК) исследуется недостаточно, чтобы уточнить закономерности взаимоотношений между ними.

Для описания положения АК в сагиттальной плоскости (его сагиттальная ориентация) ввели понятие переднего наклона АК (acetabular tilt) – антенклона АК [6]. Было замечено, что сагиттальная ориентация АК (передний наклон АК, acetabular tilt) изменяется последовательно с этим движением таза, коррелируя с РТ [7, 8].

С накоплением знаний о позвоночно-тазовых взаимоотношениях формируется понимание закономерности трансформации позиции таза [7]. Изменение пространственной позиции таза при смене позы тела из положения стоя в положение сидя и наоборот неизбежно приводит к изменению пространственного положения АК [1, 9]. Эти изменения требуют исследования корреляции критериев положения АК с критериями сагиттального баланса, что и стало целью нашего исследования.

Материал и методы

Одноцентровое проспективное исследование проведено в рамках послеоперационного контроля 20 пациентов, которым выполнено эндопротезирование тазобедренного сустава по поводу одностороннего коксартроза при отсутствии признаков артроза и нарушения функций контрлатерального тазобедренного сустава.

Критерии включения в исследование:

- пациенты с односторонним бесцементным тотальным эндопротезированием тазобедренного сустава;
 - противоположный неоперированный тазобедренный сустав без признаков артроза и нарушения функции сустава;
 - установка АК эндопротеза в безопасной зоне Lewinnek;
 - срок проведения исследования – 20-я неделя после эндопротезирования тазобедренного сустава.
- Критерии невключения:
- пациенты с двусторонним тотальным эндопротезированием тазобедренных суставов;
 - пациенты с односторонним эндопротезированием, противоположный неоперированный тазобедренный сустав с признаками артроза и с нарушением функции сустава;
 - установка АК эндопротеза вне безопасной зоны Lewinnek;
 - срок проведения исследования – менее 20 недель после эндопротезирования тазобедренного сустава;
 - ревизионное оперативное вмешательство в области тазобедренного сустава в анамнезе;
 - отсутствие желания пациента участвовать в исследовании.

Рентгенологическое исследование таза в двух проекциях выполняли через 5 мес. после операции, когда происходит восстановление функции тазобедренного сустава (отсутствие болей, ходьба без средств вспомогательной опоры) и завершаются сроки нетрудоспособности. Рентгенографию проводили в прямой проекции в положении пациента стоя и сидя, а также с захватом поясничного отде-

ла позвоночника в боковой проекции стоя (как фрагмент рентгенологического исследования сагиттального баланса). Также выполняли рентгенографию таза в боковой проекции в положении пациента сидя на «табуретке без спинки» со скрещенными руками или приведенными перекрестно ладонями (кистями) в область ключиц. Таким образом, у каждого пациента было четыре рентгенограммы: рентгенограмма в переднезадней проекции стоя (рис. 1), рентгенограмма в переднезадней проекции сидя (рис. 2), рентгенограмма в боковой проекции стоя (рис. 3), рентгенограмма в боковой проекции сидя (рис. 4). Рентгенограмму таза в прямой проекции в положении сидя выполняли в варианте укладки Rippstein [10].

По рентгенограммам таза в прямой переднезадней проекции изучали показатели антеверсии и инклинации АК в соответствии с общепринятыми методиками. Измерения проводили в программе K-PACS версии 1.5.0.29 (Image Information Systems Ltd). Антеверсию вертлужного компонента измеряли методом, предложенным Lewinnek et al. [11].

По рентгенограммам таза в боковой проекции стоя и сидя определяли следующие показатели: антенаклон АК, параметры сагиттального баланса (PT и SS, PT седалищный, который измеряется как угол между линией, соединяющей середину верхней замыкательной пластинки S_1 позвонка с точкой проекции оси бугров седалищных костей, и вертикальной линией, проведенной через точку проекции оси бугров седалищных костей).

Антенаклон АК вычисляли измерением угла, образованного горизонтальной линией, проведенной через нижний край АК, и линией, проведенной по плоскости АК, или линией, проведенной через наиболее выступающие точки контура АК [12].

Исследована корреляция величин углов антенаклона АК с величинами инклинации и антеверсии АК, а также с параметрами сагиттального баланса.

Статистический анализ. Поиск корреляций между показателями

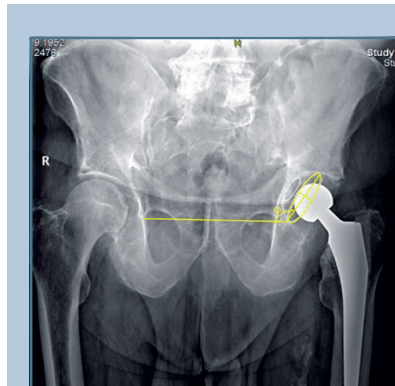


Рис. 1

Рентгенограмма таза в переднезадней проекции стоя с углом инклинации и антеверсии

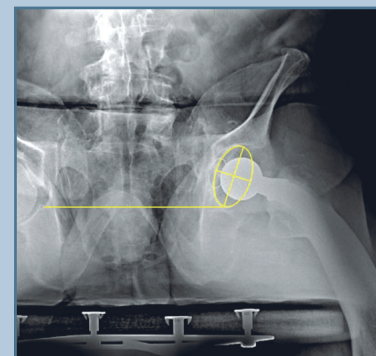


Рис. 2

Рентгенограмма таза в переднезадней проекции сидя с углом инклинации и антеверсии

в положении пациента стоя и сидя, между показателями инклинации впадины, антеверсии впадины и антенаклона в положениях стоя, сидя и остальными показателями, между разницей между значениями в положениях стоя и сидя и остальными показателями провели по методу корреляции Спирмена. Числовые ассоциации выявляли расчетом коэффициентов корреляции Пирсона. Проверку статистических гипотез проводили при критическом уровне значимости 0,05, то есть различия считали статисти-

чески значимыми при достигнутом уровне $p < 0,05$. Статистические расчеты проводили в программе IDE RStudio (версия 2023.09.1 Build 494 © 2009–2009–2023 Posit Software, PBC) на языке R (версии 4.0.2, URL: <https://www.R-project.org>).

Результаты

Сведения о результатах измерений, полученных по данным рентгенографических исследований через 5 мес. после эндопротезирования тазобе-

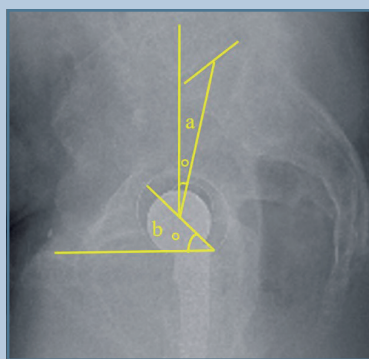


Рис. 3

Рентгенограмма таза в боковой проекции стоя с углом антенаклона ацетабулярного компонента и PT

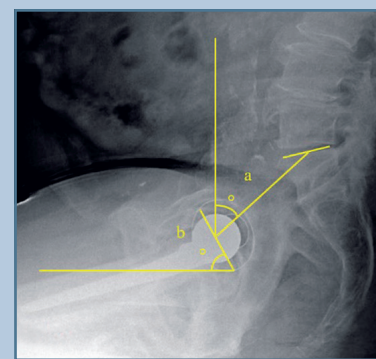


Рис. 4

Рентгенограмма таза в боковой проекции сидя с углом антенаклона ацетабулярного компонента и PT

Таблица 1

Показатели сагиттального баланса и ориентации ацетабулярного компонента (АК) в положении пациента стоя и сидя через 5 мес. после операции, град.

Показатель	МЕД [Q1; Q3]	СРЕД ± СО	МИН–МАКС
РТ стоя	14,0 [8,25; 19,00]	13,80 ± 8,97	1–33
SS стоя	39,0 [33,75; 48,25]	41,15 ± 9,01	28–56
Угол антеверсии АК стоя	21,0 [16,25; 25,75]	20,70 ± 8,44	5–34
Угол инклинация АК стоя	44,0 [37,50; 45,50]	42,80 ± 8,08	30–61
Угол антеклона АК стоя в сагиттальной плоскости	39,5 [30,00; 48,50]	39,50 ± 11,36	18–59
РТ седалищный стоя	–0,5 [–5,25; 2,50]	0,15 ± 9,48	–5–27
РТ сидя	36,5 [30,25; 42,25]	35,60 ± 7,42	23–48
SS сидя	18,5 [9,75; 27,00]	18,40 ± 11,03	1–40
Угол антеверсии АК сидя	29,0 [22,75; 33,25]	27,65 ± 8,53	7–39
Угол инклинация АК сидя	50,0 [47,50; 59,00]	53,15 ± 10,06	37–77
Угол антеклона АК сидя в сагиттальной плоскости	61,0 [51,75; 68,00]	60,20 ± 12,15	38–83
РТ седалищный сидя	15,0 [10,00; 22,25]	15,20 ± 8,10	–13–18

ренных суставов в положении стоя и сидя, приведены в табл. 1.

Различия значений углов инклинации и антеверсии АК в положении стоя и сидя обусловлены ретроверсией таза при принятии пациентом положения сидя с опорой на седалищные бугры. Эти данные коррелируют с изменениями параметров РТ и SS стоя и сидя, используемых для характеристики сагиттального баланса, в частности позвоночно-тазовых взаимоотношений. Значения РТ стоя и сидя, РТ седалищный стоя и сидя, SS стоя, указанные в табл. 1, соответствуют общепринятым значениям и закономерностям и отражают величину угла отклонения таза (ретроверсию) при переходе из положения стоя в положение сидя. Прямую корреляцию параметров сагиттального баланса (SS, РТ) с положением АК можно отметить и при анализе величин угла антеклона АК, которые изменялись в тех же диапазонах.

Сравнение средних значений и медиан исследуемых параметров, измеряемых в положении стоя и сидя, показало их высокую корреляцию между собой (табл. 2). Но наиболее существенна однотипная динамика изменения значений между параметрами антеклона АК и РТ таза.

Антеклон АК, измеренный по боковым рентгенограммам таза, как интегрирующий показатель параметров инклинации и антеверсии АК, измеренных по прямым рентгенограммам таза в переднезадней проекции, может послужить связующим критерием между параметрами сагиттального баланса и параметрами простраственного положения АК.

Высокая прямая корреляция (0,025) разности (Δ) величин антеклона АК с величинами наклона таза РТ стоя и сильная корреляция Δ величин антеклона (0,058) с величинами наклона таза РТ сидя указывают на опосредованную связь параметров сагиттального баланса с параметрами положения АК через параметр антеклона АК. Это находит подтверждение сильной прямой корреляцией Δ РТ сидя/стоя с Δ инклинации АК ($r(p) = 0,67 (0,001)$) сидя/стоя и Δ антеклона АК ($r(p) = 0,82 (<0,001)$) сидя/стоя и обратной корреляцией Δ SS сидя/стоя с Δ инклинации впадины ($r(p) = 0,48 (0,031)$) сидя/стоя и Δ антеклона АК сидя/стоя ($r(p) = -0,7 (<0,001)$).

Обратные корреляции значений угла наклона крестца SS сидя и Δ значений углов SS стоя/сидя со значениями антеклона АК соответствуют повороту таза назад относительно седалищ-

ной оси вращения, которая формируется при опоре на седалищные бугры.

Повороты таза относительно осей вращения (стоя – ось вращения относительно головок бедренных костей, сидя – ось вращения относительно седалищных бугров) оцениваются по анатомическим ориентирам сравнительно условными «нулями»: вертикальной (Y) и горизонтальной (X) линиям (двухмерная система координат). И если значения угла антеклона стоя коррелируют со значениями угла сидя и значениями угла SS, то значения угла антеверсии и инклинации АК имеют такую же достоверную прямую корреляцию с такой же корреляцией значений угла инклинации впадины стоя и сидя, то можно предположить, что изменение значений углов АК будет коррелировать с значениями углов наклона крестца, что соответствует принципу инцидентности.

При переходе в положение сидя таз опирается на бугры седалищных костей, значения угла наклона таза РТ, измеряемые относительно центров ротации головок бедренных костей, высоко коррелируют со значениями угла антеклона, что закономерно, поскольку измерение углов наклона таза и антеклона проводится в одной и той же системе координат X/Y, что соответствует их общему «нулю».

Таблица 2

Показатели сагиттального баланса (РТ, SS) и пространственной ориентации (инклинации, антеверсии) ацетабулярного компонента (АК) в положении пациента сидя и стоя

Показатели	Положение стоя	Положение сидя	Δ, разность значений стоя/сидя	Критерий Вилкоксона, р-уровень
	МЕД [Q1; Q3]	МЕД [Q1; Q3]	пМЕД [95 % ДИ]	
	СРЕД ± СО	СРЕД ± СО	СРС [95 % ДИ]	
	МИН–МАКС	МИН–МАКС		
РТ	14,00 [8,25; 19,00]	36,50 [30,25; 42,25]	–21,50 [–22,50; –20,50]	<0,001 *
	13,80 ± 8,97	35,60 ± 7,42	–2,65 [–3,51; –1,79]	
	1–33	23–48		
SS	39,00 [33,75; 48,25]	18,50 [9,75; 27,00]	22,25 [21,50; 23,00]	<0,001 *
	41,15 ± 9,01	18,40 ± 11,03	2,26 [1,46; 3,06]	
	28–56	1–40		
Инклинация АК	44,00 [37,50; 45,50]	50 [47,50; 59,00]	–10,50 [–11,50; –9,50]	<0,001 *
	42,80 ± 8,08	53,15 ± 10,06	–1,13 [–1,80; –0,46]	
	30–61	37–77		
Антеверсия АК	21,00 [16,25; 25,75]	29 [22,75; 33,25]	–7,00 [–7,50; –6,50]	<0,001 *
	20,70 ± 8,44	27,65 ± 8,53	–0,82 [–1,47; –0,17]	
	5–34	7–39		
Антенаклон АК	39,50 [30; 48,50]	61 [51,75; 68,00]	–20,50 [–21,50; –20,00]	<0,001 *
	39,50 ± 11,36	60,20 ± 12,15	–1,76 [–2,50; –1,02]	
	18–59	38–83		
РТ седалищный	–0,50 [–5,25; 2,50]	15,00 [10,00; 22,25]	–16,50 [–17,50; –15,00]	0,001 *
	0,15 ± 9,48	15,20 ± 8,10	–1,71 [–2,44; –0,98]	
	–13–18	–5–27		

* p < 0,05.

Обсуждение

Вывих эндопротеза тазобедренного сустава как клиническое проявление нестабильности является значимым осложнением [2, 4]. Для профилактики нестабильности тазобедренного сустава, в частности вывихов бедренного компонента, Lewinnek et al. [11] предложили имплантировать АК эндопротеза тазобедренного сустава в допустимых угловых диапазонах. Для угла инклинации АК допустимыми величинами принят диапазон 40–45° и для антеверсии АК – 5–15°. При обозначенных диапазонах инклинации и антеверсии АК отмечается наименьшее число вывихов бедренного компонента эндопротеза тазобедренного сустава, что послужило для Lewinnek et al. [11] поводом назвать вышеуказанные диапазоны зоной безопасности – (safe zone). С использованием указанных рекомендаций количество вывихов при стандартном первичном эндопротезировании тазобедренного

сустава значительно сократилось, но они все же происходили, несмотря на то что положение АК находилось в целевой зоне безопасности, составляя 4,8–7,4 % [2]. При исследовании hip-spine синдрома установлено, что под влиянием патологически измененного позвоночника происходит не только перекос таза во фронтальной плоскости, что часто учитывается при эндопротезировании тазобедренного сустава, но и ограничение движения (ретро- и антеверсия) таза, которые ортопеды нередко игнорируют в повседневной практике при планировании эндопротезирования тазобедренного сустава [1, 2, 13]. Установленный в определенном пространственном положении АК эндопротеза с учетом «зоны безопасности» по технологиям производителей в положении пациента лежа с ориентацией на переднюю плоскость таза, как правило, анализируется по фронтальным рентгенограммам таза в переднезадней проекции

в положении стоя или лежа, при которых пространственная позиция таза отличается. При принятии естественных повседневных поз (стоя или сидя) АК, как и таз, в соответствии с принципом инцидентности будет изменять свою позицию в большем диапазоне, чем диапазон зоны безопасности, в соответствии с фактической кинетикой таза [2, 5, 14].

Кинетика таза и ее взаимосвязь с позвоночником исследуются в контексте позвоночно-тазовых взаимоотношений и описываются конкретными критериями, признаками, величинами, закономерностями корреляционных взаимоотношений между собой [1].

Критерии оценки позвоночно-тазовых взаимоотношений формировались следующим образом. Legaye et al. [15] предложили параметр измерения наклона таза Pelvic incidence (PI). Таз является жесткой структурой, в которой выделяют определенные точки (вершины) и линии (ребра),

Таблица 3

Сравнительная оценка разности (Δ) величин сагиттального баланса (PT, SS) и пространственной ориентации (инклинации и антеверсии, антенаклона) ацетабулярного компонента при смене положения сидя и стоя через 5 мес. после операции

Показатель	Δ инклинация впадины, сидя/стоя, г (р)	Δ антеверсия впадины, сидя/стоя, г (р)	Δ антенаклон, сидя/стоя, г (р)
PT стоя	–0,34 (0,145)	–0,05 (0,822)	–0,50 (0,025*)
SS стоя	0,07 (0,756)	–0,31 (0,181)	–0,03 (0,913)
PT сидя	0,47 (0,039*)	0,44 (0,051)	0,43 (0,058)
SS сидя	–0,28 (0,231)	–0,50 (0,023*)	–0,61 (0,004*)
Δ PT стоя	0,67 (0,001*)	0,20 (0,405)	0,82 (<0,001*)
Δ SS сидя/стоя	–0,48 (0,031*)	–0,33 (0,152)	–0,70 (<0,001*)
PT седалищный стоя	0,01 (0,968)	0,09 (0,718)	–0,21 (0,377)
PT седалищный сидя	0,25 (0,281)	0,42 (0,062)	0,39 (0,087)
Δ PT седалищный сидя/стоя	0,22 (0,347)	0,22 (0,354)	0,38 (0,099)

* $p < 0,05$.

формирующие известные нам тазовые параметры (PI, PT, SS и др.). Данные вершины и ребра образуют друг с другом связь, описываемую теорией графов [12], и инцидентность как фундаментальный признак, которым характеризуются все системы, имеющие жестко взаимосвязанные ориентиры, обладающие стабильными связями, что и объясняет взаимосвязи параметров сагиттального баланса. Для измерения динамических показателей наклона таза был предложен параметр – Pelvic Tilt (PT). Также необходимыми параметрами для оценки сагиттального баланса являются Sacral Slope (SS) и Lumbal lordosis (LL). Наиболее валидными параметрами позвоночно-тазовых взаимоотношений в сагиттальной плоскости являются PT, PI, SS, LL. Считается, что LL напрямую зависит от параметра SS и имеет с ним положительную корреляцию. Параметр LL описывает компенсацию вариации наклона таза, следствием чего является достижение баланса туловища. Данный механизм компенсации имеет и обратную тенденцию: при дегенеративно-дистрофических поражениях поясничного отдела позвоночника, когда при сглаживании поясничного лордоза таз компенаторно наклоняется дорсально, обретая открытый кзади угол SS [1, 2, 11].

В 2014 г. Kanawade et al. [8] исследовали изменения положения АК в сагиттальной (боковой) проекции, одновременно анализируя параметры сагиттального баланса. При анализе положения АК на боковых рентгенограммах таза для описания его положения и с учетом ориентации в сагиттальной плоскости они ввели понятие «передний наклон вертлужной впадины» (acetabular tilt), что можно перевести как антенаклон ацетабулярной впадины, по аналогии с критериями SS и PT. Авторы предложили определять угол антенаклона АК как угол между линией, проведенной через максимальные выступающие точки контуров переднего и заднего краев АК, и горизонтальной линией, проведенной через точку нижнего края АК [8]. Различия между углами антенаклона, измеренного в положении стоя и сидя, представляют собой изменение инклинации и антеверсии АК, вызванное динамическим движением таза.

Lazennec et al. [6, 7], исследуя корреляцию углов инклинации и антеверсии АК при смене положения стоя/сидя, показали, что угол антеверсии АК, измеренный на обзорных рентгенограммах таза стоя и сидя в переднезадней проекции, прямо пропорционален величине угла версии таза. Так, при смене позы тела из положения стоя в положение

сидя при ретроверсии таза в среднем на $14,5^\circ$ происходит увеличение фронтальной антеверсии АК на $7,1^\circ$ [6]. Подобную взаимосвязь мы находим в классификации Bordeaux, в которой учитывается характеристика связанности таза и позвоночника, предполагается изменение антеверсии АК в ту или иную сторону при его имплантации [17].

Проведенный Kanawade et al. [8] эксперимент по моделированию различных сочетаний величин углов инклинации и антеверсии АК, сопоставленных с величинами углов антенаклона АК при сагиттальном исследовании, показал влияние последних на фактические значения угла антенаклона, что подчеркивает важность параметра антенаклона в качестве дополнительного референтного критерия функционального положения АК.

На основании этого эксперимента и описанных ранее особенностей биомеханики таза [18] можно с уверенностью утверждать, что пространственные положения установленных АК с определенной комбинацией инклинаций и антеверсий во время операции в положении лежа будут отличаться от действенной пространственной позиции АК в положениях стоя и сидя. При этом корреляция значений углов положения АК в зависимо-

сти от положения стоя и сидя со значениями сагиттального баланса (PT и SS), измеренных при одинаковых условиях, как мы показали, достаточно сильная. Эти данные совпадают с данными, полученными Lazennec et al. [6, 7], которые утверждали, что позиция АК, имплантированного с определенными углами антеверсии и фронтальной инклинации в положении пациента лежа, в последующем будет изменяться при принятии положения сидя и стоя.

По мере накопления данных пришло понимание, что позиция АК в зоне безопасности не гарантирует отсутствия вывихов в послеоперационном периоде, связано это или с избыточной ретроверсией таза в положении сидя, а соответственно, и АК, или, наоборот, с фиксированным положением таза, что делает его статичным, и неизменной позицией АК. Игнорирование этого факта чревато неизбежным импинджментом бедренного компонента с АК и вывихом эндопротеза [2, 19].

Антеверсия АК, являясь одним из значимых референтов эндопротезирования тазобедренного сустава, влияет не только на вывих эндопротеза, но и на его выживаемость. При увеличении антеверсии АК происходит смещение пятна контакта и, как следствие, повышается давление на край вкладыша [20]. Правильное положение пятна контакта и равномерное распределение нагрузки на вкладыш влияют на скорость износа последнего [1], что крайне важно для оценки качества оперативного вмешательства.

Одной из актуальных проблем эндопротезирования тазобедренного сустава является шум в твердых парах трения. Установлено, что оценка позиции АК может служить предиктором шума, в сравнении со статическими измерениями в положении лежа [20–23]. Авторы исследований связали данный феномен со смещением таза во время движения соответственно дезориентации углов вертлужного компонента в положениях сидя, стоя и в движении [22, 24].

Pierrepoint et al. [24] в эксперименте посредством математического моделирования оценили и наглядно продемонстрировали значимость сагиттального баланса в отношении антеверсии вертлужного компонента в различных положениях и ее влияния на смещение пятна контакта. Эксперимент показал, что при принятии пациентом положения сидя увеличение значения угла PT более 10° приводит к смещению головки бедренного компонента эндопротеза к краю АК (краевая нагрузка) независимо от величины головок бедренного компонента (32 мм, 36 мм и 40 мм). В результате смещения пятна контакта между головкой бедренного компонента и ацетабулярной впадиной уменьшалась площадь контакта, тем самым увеличивая контактное давление головки на вкладыш, что в случае, например, полиэтиленового вкладыша ускоряет его преждевременный износ. В случае керамического вкладыша формируется феномен сухого трения (нет смазываемых зон из-за сильного давления, что создает шум/скрип). Максимальное давление в 500 МПа было отмечено авторами во вкладыше размером в 40 мм и смещении PT в 30° в положении сидя [24].

В нашем исследовании обнаружена весьма высокая положительная корреляция при критическом уровне значимости ($p < 0,001$) между переменными данными показателей PT, антеверсии впадины, высокой корреляции с антенаклоном впадины и заметная корреляция значений SS и инклинации впадины между положением стоя и сидя. Эти данные отражают однонаправленные изменения измеряемых показателей в пределах одного тела (таза) в соответствии с теорией графов и свидетельствуют об их взаимосвязи по образу матрицы инцидентности. Эти изменения соответствуют концепции поворота таза при опоре на головки бедренной кости и достаточно хорошо описаны в литературе [18].

Общепринятые критерии сагиттального баланса для оценки версии таза (SS, PT) позволяют достаточно точно определить крайние положе-

ния антеверсии и ретроверсии таза и тем самым дать косвенное предоперационное представление о разнице положения АК при переходе в положение сидя из положения стоя и наоборот в рамках предоперационного планирования. Это помогает принимать соответствующие решения о целевом положении АК, диктуемым кинетикой таза [1].

Таким образом, антенаклон является точкой пересечения области интересов вертебрологов и ортопедов-протезистов. Последние все больше стали обращать внимание на индивидуальные показатели и требования пациентов, а также кинематическое эндопротезирование, а не оставаться в стандартизированных рамках определенных параметров пациента, что благоприятно влияет на отдаленные результаты.

Чтобы соответствовать принципам кинематического эндопротезирования, целесообразно проводить предоперационную оценку положения поясничного отдела позвоночника, таза и бедра в сагиттальной проекции в функциональных положениях (в положении сидя/стоя) и учитывать особенности сагиттального баланса, тем самым снижая вероятность вывиха, раннего износа полиэтилена, расшатывания компонентов или разрушения определенных пар трения.

Наше исследование привносит новые данные, возможно, раскрывающие патогенез VI типа нестабильности (неясной этиологии) эндопротеза тазобедренного сустава по Classification System for the Unstable THA, когда базовое лечение нестабильности этого типа с применением constrained liner без учета кинематики таза приводит к высокой частоте неудач, что требует смены тактики лечения при данном типе нестабильности. С учетом вышесказанного внедрение технологий роботизированного эндопротезирования тазобедренного сустава становится все более обоснованным.

Для более углубленного анализа данного вопроса необходимы дальнейшие исследования с высоким уровнем доказательности.

Закключение

Сравнение параметров сагиттального баланса (SS, PT), измеряемых в положении стоя и сидя, с положением АК показало их прямую высокую корреляцию между собой.

Антинаклон служит связующим критерием между параметрами сагит-

тального баланса и пространственным положением ацетабулярной впадины.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Литература/References

- Yang G, Li Y, Zhang H. The influence of pelvic tilt on the anteversion angle of the acetabular prosthesis. Orthop Surg. 2019;11:762–769. DOI: 10.1111/os.12543
- Haffer H, Amini DA, Perka C, Pumberger M. The impact of spinopelvic mobility on arthroplasty: Implications for hip and spine surgeons. J Clin Med. 2020;9:2569. DOI: 10.3390/jcm9082569
- Пелеганчук А.В., Тургунов Э.Н., Мушкачев Е.А., Сангинев А.Д., Симонович А.Е., Павлов В.В. Влияние позвоночно-тазовых взаимоотношений на поздний вывих головки бедренного компонента эндопротеза после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Хирургия позвоночника. 2022. Т. 19, № 1. С. 63–70. [Peleganchuk AV, Turgunov EN, Mushkachev EA, Sanginov AJ, Simonovich AE, Pavlov VV. The influence of spinopelvic relationships on late dislocation of the prosthetic femoral head after total hip arthroplasty. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2022;19(1):63–70]. DOI: 10.14531/ss2022.1.63–70
- Wera GD, Ting NT, Moric M, Paprosky WG, Sporer SM, Della Valle CJ. Classification and management of the unstable total hip arthroplasty. J Arthroplasty. 2012;27:710–715. DOI: 10.1016/j.arth.2011.09.010
- Lewinnek GE, Lewis JL, Tarr R, Compere CL, Zimmerman JR. Dislocations after total hip-replacement arthroplasties. J Bone Joint Surg Am. 1978;60:217–220.
- McKnight BM, Trasolini NA., Dorr LD. Spinopelvic motion and impingement in total hip arthroplasty. J Arthroplasty. 2019;34:S53–S56. DOI: 10.1016/j.arth.2019.01.033
- Morimoto T, Kobayashi T, Tsukamoto M, Hirata H, Yoshihara T, Toda Y, Mawatari M. Hip–spine syndrome: a focus on the pelvic incidence in hip disorders. J Clin Med. 2023;12:2034. DOI: 10.3390/jcm12052034
- Heckmann N, McKnight B, Steffl M, Trasolini NA, Ike H, Dorr LD. Late dislocation following total hip arthroplasty: spinopelvic imbalance as a causative factor. J Bone Joint Surg Am. 2018;100:1845–1853. DOI: 10.2106/JBJS.18.00078
- Lazennec JY, Boyer P, Gorin M, Catonne Y, Rousseau MA. Acetabular anteversion with CT in supine, simulated standing, and sitting positions in a THA patient population. Clin Orthop Relat Res. 2011;469:1103–1109. DOI: 10.1007/s11999-010-1732-7
- Lazennec JY, Thauront F, Robbins CB, Pour AE. Acetabular and femoral anteversions in standing position are outside the proposed safe zone after total hip arthroplasty. J Arthroplasty. 2017;32:3550–3556. DOI: 10.1016/j.arth.2017.06.023
- Lazennec JY, Charlot N, Gorin M, Roger B, Arafati N, Bissery A, Saillant G. Hip-spine relationship: a radio-anatomical study for optimization in acetabular cup positioning. Surg Radiol Anat. 2004;26:136–144. DOI: 10.1007/s00276-003-0195-x
- Buckland AJ, Vigdorchik J, Schwab FJ, Errico TJ, Lafage R, Ames C, Bess S, Smith J, Mundis GM, Lafage V. Acetabular anteversion changes due to spinal deformity correction: bridging the gap between hip and spine surgeons. J Bone Joint Surg Am. 2015;97:1913–1920. DOI: 10.2106/JBJS.O.00276
- Moeller TB, Reif E. Pocket Atlas of Radiographic Positioning. Including Positioning for Conventional Angiography, CT, and MRI. 2nd ed. Thieme Verlagsgesellschaft, 2000.
- Зарипова Э.Р., Кокотчикова М.Г. Дискретная математика. Часть III. Теория графов. М., 2013. [Zaripova ER, Kokotchkova MG. Discrete Mathematics. Part III. Graph Theory. Moscow, 2013].
- Legaye J, Duval-Beaupere G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. Eur Spine J. 1998;7:99–103. DOI: 10.1007/s005860050038
- Kanawade V, Dorr LD, Wan Z. Predictability of acetabular component angular change with postural shift from standing to sitting position. J Bone Joint Surg Am. 2014;96:978–986. DOI: 10.2106/JBJS.M.00765
- Riviere C, Harman C, Parsons T, Villet L, Cobb J, Maillot C. Kinematic alignment versus conventional techniques for total hip arthroplasty: A retrospective case control study. Orthop Traumatol Surg Res. 2019;105:895–905. DOI: 10.1016/j.otsr.2019.02.012
- Peleganchuk AV, Turgunov EN, Mushkachev EA, Fedorova NV, Danilov MN, Korytkin AA, Pavlov VV. Modeling the behavior of the acetabular axis and the axis of the ischial tuberosities during the transition from a standing to a sitting position. Genij Ortopedii. 2023;29(4):410–418. DOI: 10.18019/1028-4427-2023-29-4-410-418
- Riviere C, Lazennec JY, Van Der Straeten C, Auvinet E, Cobb J, Muirhead-Allwood S. The influence of spine-hip relations on total hip replacement: A systematic review. Orthop Traumatol Surg Res. 2017;103:559–568. DOI: 10.1016/j.otsr.2017.02.014
- Taylor S, Manley MT, Sutton K. The role of stripe wear in causing acoustic emissions from alumina ceramic-on-ceramic bearings. J Arthroplasty. 2007;22(7 Suppl 3):47–51. DOI: 10.1016/j.arth.2007.05.038
- Shah SM, Deep K, Siramanakul C, Mahajan V, Picard F, Allen DJ. Computer navigation helps reduce the incidence of noise after ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. J Arthroplasty. 2017;32:2783–2787. DOI: 10.1016/j.arth.2017.04.019
- Pierrepont JW, Feyen H, Miles BP, Young DA, Bare JV, Shimmin AJ. Functional orientation of the acetabular component in ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty and its relevance to squeaking. Bone Joint J. 2016;98B:910–916. DOI: 10.1302/0301-620X.98B7.37062
- Tashtanov BR, Kirilova IA, Pavlova DV, Pavlov VV. Ceramic-related noise as an adverse outcome in total hip arthroplasty. Genij Ortopedii. 2023;29(5):565–573. DOI: 10.18019/1028-4427-2023-29-5-565-573
- Pierrepont J, Yang L, Arulampalam J, Stambouzu C, Miles B, Li Q. The effect of seated pelvic tilt on posterior edge-loading in total hip arthroplasty: A finite element investigation. Proc Inst Mech Eng H. 2018;232:241–248. DOI: 10.1177/0954411917752028

Адрес для переписки:

Мушкачев Евгений Андреевич
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна,
mushkachevi@gmail.com

Статья поступила в редакцию 13.05.2025

Рецензирование пройдено 03.06.2025

Подписано в печать 10.06.2025

Address correspondence to:

Mushkachev Evgeniy Andreevich
Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics
n.a. Ya.L. Tsivyan,
17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,
mushkachevi@gmail.com

Received 13.05.2025

Review completed 03.06.2025

Passed for printing 10.06.2025

Алексей Владимирович Пелеганчук, канд. мед. наук, научный сотрудник отделения нейровертебрологии, заведующий отделением нейрохирургии № 2, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 2663-9450, ORCID: 0000-0002-4588-428X, apeleganchuk@mail.ru;

Эминжон Нематович Тургунов, аспирант кафедры травматологии и ортопедии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 7962-5060, ORCID: 0000-0002-9381-7460, trauma83@mail.ru;

Евгений Андреевич Мушкачев, младший научный сотрудник отделения нейровертебрологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 4250-4886, ORCID: 0000-0003-0346-3898, musbkachevi@gmail.com;

Байкозжо Рустамович Таштанов, аспирант, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 6814-8599, ORCID: 0000-0002-8553-9712, b.tashtanov95@gmail.com;

Виталий Викторович Павлов, д-р мед. наук, руководитель научно-исследовательского отделения эндопротезирования и эндоскопической хирургии суставов, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 7596-2960, ORCID: 0000-0002-8997-7330, pavlouddoc@mail.ru;

Андрей Александрович Корыткин, канд. мед. наук, директор Новосибирского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 2273-2241, ORCID: 0000-0001-9231-5891, andrey.korytkin@gmail.com.

Aleksey Vladimirovich Peleganchuk, MD, PhD, researcher, Research Department of Neurovertebrology, neurosurgeon, head of the Department of Neurosurgery No.2, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 2663-9450, ORCID 0000-0002-4588-428X, apeleganchuk@mail.ru;

Eminjon Nematovich Turgunov, postgraduate student of Chair of traumatology and orthopaedics, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 7962-5060, ORCID 0000-0002-9381-7460, trauma83@mail.ru;

Evgeniy Andreevich Mushkachev, junior researcher, Research Department of Neurovertebrology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 4250-4886, ORCID 0000-0003-0346-3898, musbkachevi@gmail.com;

Baikozho Rustamovich Tashtanov, postgraduate student, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 6814-8599, ORCID: 0000-0002-8553-9712, b.tashtanov95@gmail.com;

Vitaly Viktorovich Pavlov, DMSc, head of the Research Department of endoprosthesis and endoscopic joint surgery, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 7596-2960, ORCID 0000-0002-8997-7330, pavlouddoc@mail.ru;

Andrey Aleksandrovich Korytkin, MD, PhD, Director, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 2273-2241, ORCID: 0000-0001-9231-5891, andrey.korytkin@gmail.com.