

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Челпаченко О.Б.¹, Жердев К.В.¹, Фисенко А.П.¹, Яцык С.П.¹, Дьяконова Е.Ю.¹, Бутенко А.С.¹, Челпаченко О.Е.²**НАРУШЕНИЯ БАЛАНСА ТУЛОВИЩА ПРИ ДЕФОРМАЦИЯХ ПОЗВОНОЧНИКА И НЕСТАБИЛЬНОСТИ ТАЗОБЕДРЕННЫХ СУСТАВОВ**¹Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 119991, г. Москва;²Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Оренбургский федеральный исследовательский центр» Уральского отделения Российской академии наук, 460000, г. Оренбург**Введение.** Баланс туловища представляет собой результат сложных многоуровневых взаимодействий систем организма, направленных на поддержание стабильной вертикальной позы в пространстве, которая включает в себя такие компоненты, как афферентацию, интеграцию, эффекторы, периферическую нервную систему.**Материал и методы.** Проведено клинико-рентгенологическое исследование фронтального и сагиттального баланса туловища у 220 пациентов с диспластическими и нейрогенными деформациями грудного и поясничного отделов позвоночника (n = 98) и нестабильностью тазобедренных суставов (n = 122), способных к ходьбе, находившихся на стационарном лечении в ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России. Референсная группа представлена 60 относительно здоровыми детьми без сколиотической деформации позвоночника, со стабильными тазобедренными суставами.**Результаты.** Выявлены особенности изменения тазового индекса (PI) и других параметров баланса туловища у пациентов с нестабильностью тазобедренных суставов, достоверно отличающихся от пациентов с деформациями позвоночника и референсной группы.**Заключение.** Полученные результаты исследования призывают нас обратить более пристальное внимание практикующих врачей на параметры фронтального и сагиттального баланса туловища в целом. Оценка и предоперационное планирование только локальных рентгеноанатомических параметров с целью прогнозирования их послеоперационных изменений не учитывает изменения фронтального и сагиттального баланса туловища, который, по данным большинства литературных данных, определяет дальнейшее качество жизни пациентов.**Ключевые слова:** баланс туловища; сколиоз; нестабильность тазобедренных суставов.**Для цитирования:** Челпаченко О.Б., Жердев К.В., Фисенко А.П., Яцык С.П., Дьяконова Е.Ю., Бутенко А.С., Челпаченко О.Е. Нарушения баланса туловища при деформациях позвоночника и нестабильности тазобедренных суставов. *Детская хирургия*. 2020; 24(2): 89-95. DOI: <https://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-2-89-95>**Для корреспонденции:** Челпаченко Олег Борисович, кандидат мед. наук, врач травматолог-ортопед нейроортопедического отделения с ортопедией ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России; ведущий научный сотрудник лаборатории неврологии и когнитивного здоровья ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, 119991, Москва. E-mail: chelpachenko81@mail.ruChelpachenko O.B.¹, Zherdev K.V.¹, Fisenko A.P.¹, Yatsyk S.P.¹, Dyakonova E.Yu.¹, Butenko A.C.¹, Chelpachenko O.E.²
BODY BALANCE DISORDERS IN SPINE DEFORMATIONS AND HIP JOINTS INSTABILITY¹National Medical Research Center for Children Health, Moscow, 119991, Russian Federation;²Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, 460000, Russian Federation**Introduction.** The balance of the torso is the result of the interaction of various systems of the body, which provides a stable vertical position in space, which includes such components as afferentation, integration, effectors, and the peripheral nervous system.**Material and methods.** A clinical and radiological study of the coronal and sagittal alignment was carried out: 220 patients with idiopathic and neurogenic deformities of the thoracic and lumbar spine (n = 98) and hip instability (n = 122), capable of walking. The reference group is represented by 60 relatively healthy children without scoliotic spinal deformities with stable hip joints. Radiological parameters were evaluated by orthostatic X-rays for the indicated groups of children when comparing the obtained data with reference values.**Results.** The features of changes in the pelvic incidence (PI) and other parameters of the spin alignment in patients with hip instability, significantly different from patients with spinal deformities and the reference group, were revealed.**Conclusion.** The obtained results of the study call us to pay more attention to the parameters of the coronal and sagittal alignment as a total. Assessment and preoperative planning of only local X-ray anatomical parameters in order to predict their postoperative changes does not take into account changes in the coronal and sagittal balance, which, according to most published data, determines the further quality of life of patients.**Key words:** trunk balance; scoliosis; instability of hip joints.**For citation:** Chelpachenko O.B., Zherdev K.V., Fisenko A.P., Yatsyk S.P., Dyakonova E.Yu., Butenko A.S., Chelpachenko O.E. Body balance disorders in spine deformations and hip joints instability. *Detskaya khirurgiya (Russian Journal of Pediatric Surgery)*. 2020; 24(2): 89-95. DOI: <https://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-2-89-95>**For correspondence:** Oleg B. Chelpachenko, MD, Cand.Sc.(med), traumatologist-orthopedician, leading researcher in the laboratory of neurology and cognitive health in National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: chelpachenko81@mail.ru**Information about the authors:**Chelpachenko O.B., <https://orcid.org/0000-0002-0333-3105>; Zherdev K.V., <https://orcid.org/0000-0003-3698-6011>Fisenko A.P., <https://orcid.org/0000-0001-8586-7946>; Yatsyk S.P., <https://orcid.org/0000-0001-6966-1040>Dyakonova E.Yu., <https://orcid.org/0000-0002-8563-6002>; Chelpachenko O.E., <https://orcid.org/0000-0002-6719-5805>**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.**Acknowledgments.** The study had no sponsorship.

Received: March 12, 2020

Accepted: April 13, 2020

Введение

В 1994 г. известный французский ортопед J. Dubousset опубликовал теорию «тазового позвонка», которая послужила основой для проведения современных многочисленных исследований биомеханики позвоночно-тазового баланса [1]. Теория «конуса экономии», основана на концепции краниального и тазового позвонков, согласно которой голова с её массой и формой и таз рассматриваются как первый (краниальный) и последний (каудальный) позвонки позвоночного столба. В этой концепции «тазовый» позвонок (подвздошные кости и крестец, крестцово-подвздошные сочленения) является вставочной костью между туловищем и нижними конечностями [2]. Это соответствует экономичному положению тела, при котором мышцы, удерживающие его прямое положение, работают в низкоэнергетическом режиме. В этом случае тело в положении стоя находится в границах «конуса экономии». [3]. Таким образом, баланс туловища представляет собой результат сложных многоуровневых взаимодействий систем организма, направленных на поддержание стабильной вертикальной позы в пространстве, которая включает в себя такие компоненты, как: афферентацию (зрение, проприорецепция), интеграцию (ЦНС, спинной мозг, головной мозг), эффекторы (мышцы – практически все), периферическую нервную систему (скорость проведения импульса). Это диктует необходимость тщательно анализировать активную мобильность с целью предотвращения работы компенсаторных механизмов [4]. Компенсационные механизмы, которые включаются для поддержания вертикального положения, подвергают изменениям глобальную форму позвоночника, способствуя повышенным нагрузкам, и часто приводят к еще большему прогрессированию деформации позвоночника [5, 6]. Для сохранения вертикальной позы человека позвоночно-тазовые взаимоотношения должны находиться в равновесном состоянии [7]. Известно, что сагиттальный и фронтальный баланс туловища тесно связан с качеством жизни пациентов с патологией позвоночника и тазобедренных суставов [8]. Деформации позвоночника и патология тазобедренных суставов оказывают прямое влияние на баланс туловища во фронтальной, горизонтальной и сагиттальной плоскостях, что в будущем может приводить к развитию сложного симптомокомплекса, называемого в литературе «hip-spine syndrome» или «коксовертебральный синдром» [9, 10]. Из этого следует, что баланс туловища тесно связан с качеством жизни пациентов с патологией позвоночника и тазобедренных суставов [8]. Изменения анатомо-физиологического состояния, возникающие в тазобедренном суставе и рентгенологическое соотношение элементов неразрывно связаны с такими же процессами, происходящими в позвоночном столбе в целом и пояснично-крестцовом отделе позвоночника в частности [11, 12]. По данным некоторых авторов, у пациентов с врожденным вывихом бедра происходит разрыв единой костно-суставной цепи, что приводит к формированию у больных приспособительных реакций, способствующих поддержанию вертикальной позиции [13]. Если при оперативном лечении патологии позвоночника не восстановлен баланс туловища, происходит нарушение формирования спондилодеза, в частности нередко отмечается развитие псевдоартроза, различных форм синдрома «смежного уровня» и нестабильность металлоимплантов [14].

Нарушения баланса во фронтальной плоскости находятся в центре внимания ортопедов уже на протяжении длительного времени, однако значение сагиттального баланса долгое время недооценивалось. Поскольку деформации грудного и поясничного отделов позвоночни-

ка, а также патология тазобедренного сустава приводят к позвоночно-тазовым нарушениям во всех плоскостях, дальнейшее изучение этих изменений представляется очень перспективным для более четкого предоперационного планирования ортопедохирургической коррекции опорно-двигательных нарушений как позвоночника, так и патологии тазобедренных суставов [15]. Это еще раз подчеркивает, что система «пояснично-крестцовый отдел позвоночника – тазобедренные суставы» является единым опорным комплексом с анатомо-рентгенологической и биомеханической точек зрения [16]. Эта система реагирует на любые изменения в анатомических и/или пространственных соотношениях как со стороны позвоночно-двигательных сегментов, так и со стороны тазобедренных суставов, стремясь создать состояние баланса между ними [17, 18]. Резюмируя приведенные данные, необходимо отметить, что в процессе совершенствования ортопедо-хирургических технологий лечения пациентов с деформациями позвоночника и патологией тазобедренных суставов за последние два десятилетия пристальное внимание ортопедов и детских хирургов переключилось с локальных клинорентгенологических нарушений на более существенные, глобальные опорно-двигательные нарушения, а главным образом, на изменения баланса туловища в целом, что актуализирует проведение исследований в данном направлении.

Цель работы – выявить наиболее значимые позвоночно-тазовые параметры, нарушающиеся при деформациях груднопоясничного отдела позвоночника и нестабильности тазобедренных суставов диспластической и нервно-мышечной этиологии.

Материал и методы

Работа проводилась в ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России. В исследуемые группы включено 98 пациентов с деформациями грудного и поясничного отделов позвоночника (1-я группа) и 122 пациента с нестабильностью тазобедренных суставов (2-я группа), которые в последствие были оперированы в нейроортопедическом отделении с ортопедией НИИ детской хирургии в структуре центра, а также 60 условно-здоровых детей, обследованных амбулаторно в консультативно-диагностическом центре ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, которые составили референсную группу. Средний возраст детей составил $12,6 \pm 5,63$ лет. Группы исследования были структурированы следующим образом: 1-я группа состояла из 2 подгрупп: подгруппа А – 73 пациента с диспластическими протяженными деформациями и подгруппа В – 25 пациентов с нейрогенными сколиозами и кифосколиозами (рис. 1).

Во 2-ю группу вошли: подгруппа С – 54 пациента с диспластической нестабильностью тазобедренных суставов и подгруппа D – 134 пациента с нейрогенной нестабильностью тазобедренных суставов. Критериями включения в 1-ю группу были: наличие рентгенологически подтвержденной структуральной деформации грудного и/или поясничного отделов позвоночника III и IV степени с соответствующим распределением по подгруппам по этиологии, для пациентов с нейрогенными деформациями – возможность самостоятельного передвижения, что соответствует уровням с I по III – GMFCS (Gross Motor Function Classification System (для пациентов с детским церебральным параличом – ДЦП)). Распределение пациентов по уровням двигательного развития: I уровень – 2, II – 19, III – 47 пациентов. Критериями включения во 2-ю группу были: наличие рентгенологически подтвержденной нестабильности тазобедренного сустава с дефицитом

покрытия головки бедренной кости вертлужной впадиной 20% и более, в сравнении с возрастной нормой (подгруппа C), и 50% и более для пациентов с нейрогенной нестабильностью тазобедренных суставов. Подгруппа D представлена пациентами со спастической нестабильностью тазобедренных суставов GMFCS с I по III уровень. К критериям исключения были отнесены: пациенты, не способные к самостоятельному вертикальному передвижению (например, вследствие тяжести имеющихся неврологических нарушений у пациентов с ДЦП – IV и V уровня GMFCS), и имеющие ранее перенесенные оперативные вмешательства на грудном и поясничном отделах позвоночника и тазобедренных суставах.

Анализ состояния баланса туловища выполняли с применением цифровых ортостатических рентгенограмм, выполненным от С7 позвонка до средней трети бедер. Оценка рентгенометрических показателей позвоночно-тазового баланса производилась с применением компьютерной программы Surgimar v. 2.3.1.5, пример подобного анализа ортостатических рентгенограмм показан на рис. 2.

Ключевыми параметрами в сагиттальной плоскости были: pelvic incidence (PI) или «тазовый индекс» – угол, образованный линией, проведенной через центр головок бедренных костей к середине замыкательной пластинки S1, и линией, перпендикулярной этой замыкательной пластинке; pelvic tilt (PT) или «тазовый наклон» – угол между вертикальной линией и линией, проведенной через центр бикоксофemorальной линии к середине замыкательной пластинки S1; sacral slope или наклон крестца (SS) – угол наклона верхней замыкательной пластинки первого крестцового позвонка (S1) по отношению к горизонтальной плоскости; sagittal vertical axis (SVA) – отклонение вертикальной линии отвеса, проведенной из центра C7, от заднего края верхней замыкательной пластинки S1 (показатель общего сагиттального баланса); грудной кифоз или thoracic kyphosis (TK) – угол, оцененный по



Рис. 1. Нозологическая структура пациентов с нервно-мышечными деформациями позвоночника, способных к ходьбе.

Cobb на уровнях Th4-Th12; global lumbar lordosis (GLL) или общий поясничный лордоз. Ключевые сагиттальные параметры пояснично-тазового баланса туловища изображены на рис. 3.

В ортостатическом положении тела позвоночник и таз находятся в состоянии баланса относительно бедра таким образом, чтобы ось гравитации проходила через головки бедренных костей.

Оценку фронтального баланса туловища мы производили по ортостатическим рентгенограммам в прямой проекции путем оценки разобращения линии, опущенной от

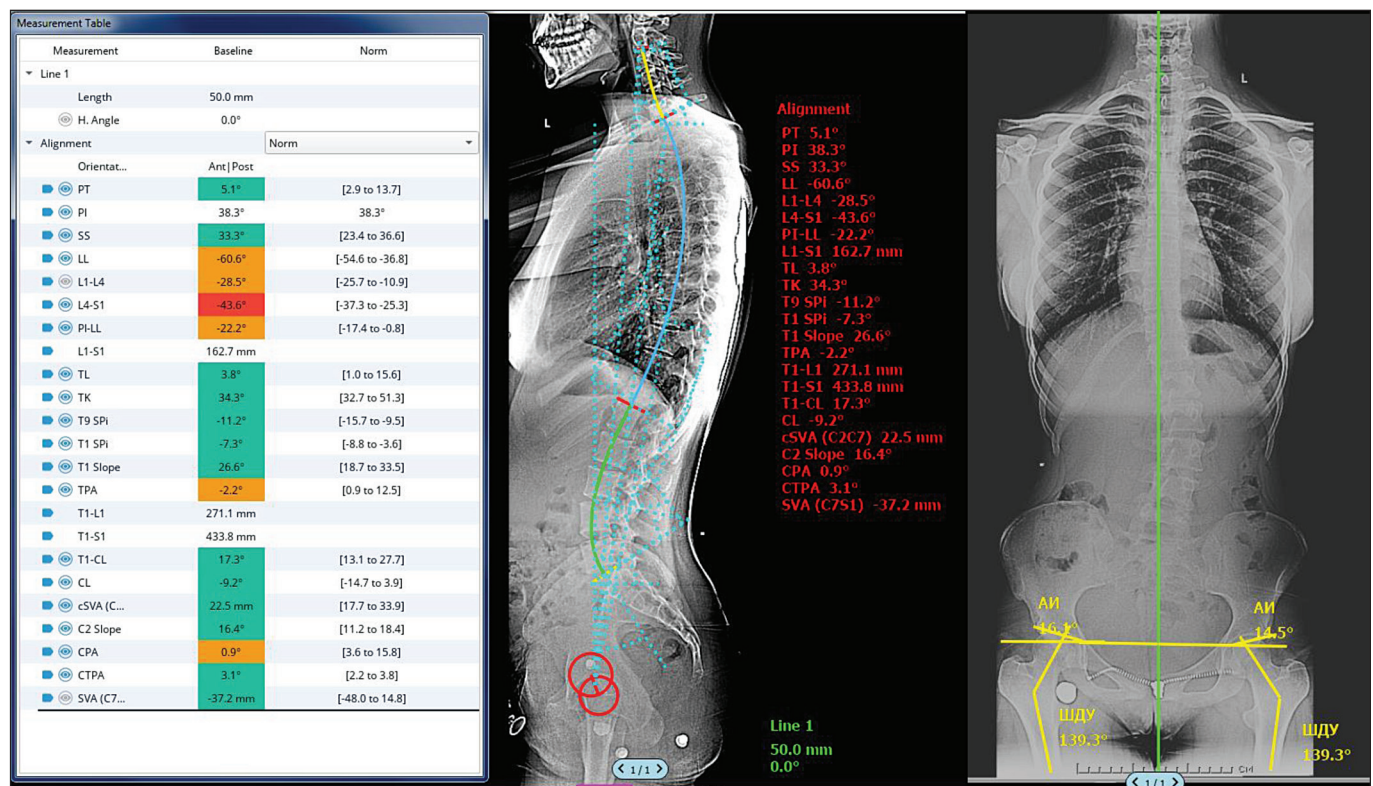


Рис. 2. Анализ ортостатических рентгенограмм с применением компьютерной программы Surgimar v. 2.3.1.5.

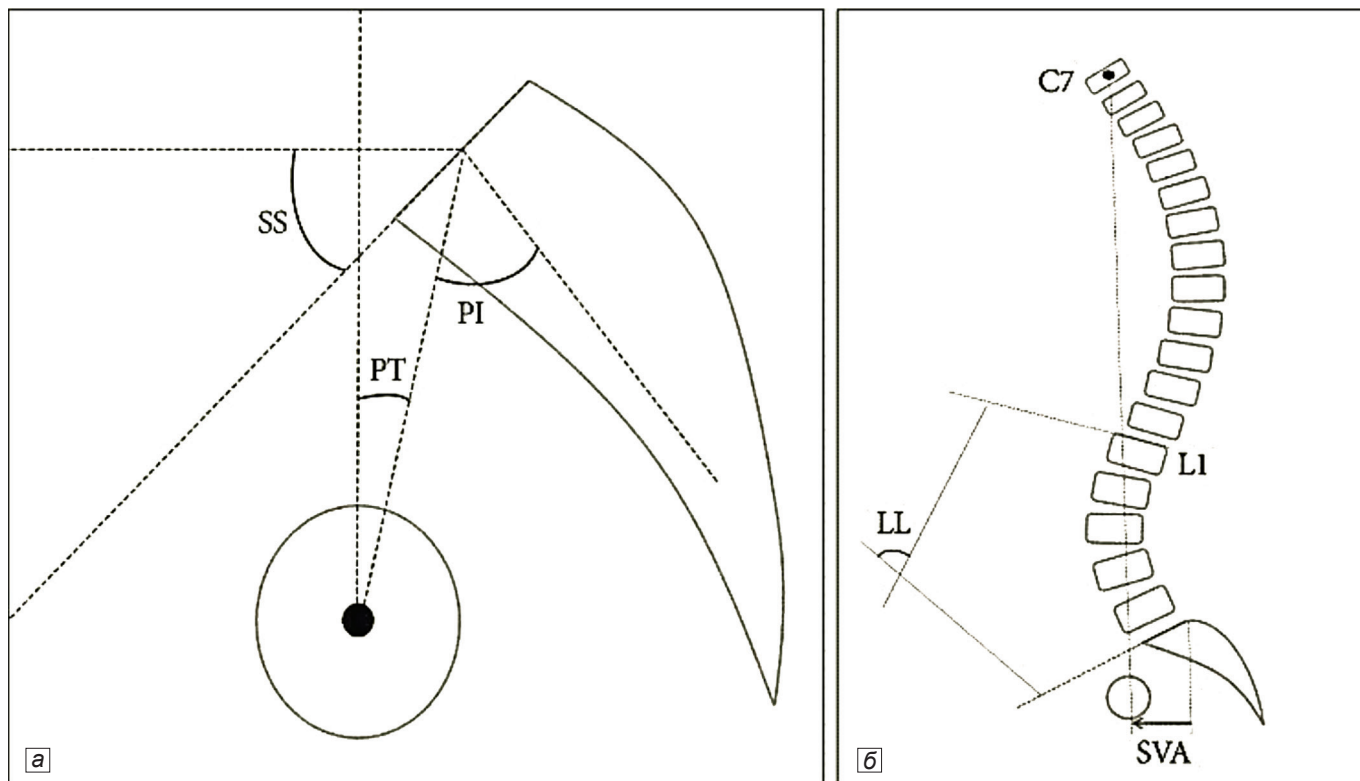


Рис. 3. Основные сагиттальные параметры пояснично-тазового баланса туловища.

остистого отростка С7 позвонка и центральной сагральной линии (вертикальная срединная линия, проведенная через центр или остистый отросток S1 позвонка). Фронтальный баланс (ФБ) считали компенсированным или при полном совпадении вышеуказанных линий, или при их разобщении, не превышающем ± 2 см.

Наклон таза оценивался относительно линии отвеса. Тазовый наклон во фронтальной плоскости оценивали с применением касательной линии, проведенной по верхним краям крыльев подвздошных костей (ТН). Наличие и выраженность фронтальной деформации грудного (ФДГОП) и поясничного (ФДПОП) отделов позвоночника оценивали по методу Cobb.

Оценка рентгено-анатомических показателей тазобедренного сустава производилась с определением шеечно-диафизарного угла (ШДУ), степени костного покрытия головки бедренной кости (СКП), ацетабулярного индекса (АИ), угла патологической антеверсии (АТ), угла вертикального соответствия (УВС), угла Виберга (УВ), и т.д. Это позволило оценить стабильность тазобедренных суставов.

Пациенты обследовались педиатрами и неврологами. Для пациентов с ДЦП определялась форма и уровень сформированности «больших» моторных функций GMFCS (Gross Motor Function Classification System). GMFCS – описательная система, учитывающая степень развития моторики и ограничения движений в повседневной жизни. Согласно GMFCS выделяют 5 уровней развития больших моторных функций: уровень I – ходьба без ограничений; уровень II – ходьба с ограничениями; уровень III – ходьба с использованием ручных приспособлений для передвижения; уровень IV – самостоятельное передвижение ограничено, могут использоваться моторизованные средства передвижения; уровень V – полная зависимость ребенка от окружающих – перевозка в коляске/инвалидном кресле.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0, путем подсчета показателя распространенности признака, вычисления средних величин (M) и ошибки (m) с определением критерия Стьюдента–Фишера, различия считались статистически достоверными при $p < 0,05$, при этом обозначение * соответствует критерию достоверности различий показателей ($p < 0,05$). Теснота взаимосвязи между различными рентгенологическими параметрами оценивалась с применением коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r).

Результаты и обсуждение

Анализ изменения тазового индекса по группам исследования не выявил никаких достоверных различий с референсными значениями ($p > 0,01$), что подтверждает многочисленные данные мировой литературы о постоянстве данной анатомо-морфологической величины [19–25], которая может изменяться только при оперативных вмешательствах на костных структурах таза или в результате костных травм таза и крестца и не изменяется при изменении положения тела в пространстве. Результаты анализа рентгенометрических показателей по группам исследования приведены в таблице. Полученные величины рентгенологических показателей исследуемых групп и подгрупп пациентов сопоставлены с аналогичными показателями референсной группы.

Согласно данным Duval-Beaupere [26], наклон таза (PT) и наклон крестца (SS), которые, в свою очередь, зависят от общего баланса позвоночника и могут меняться в зависимости от позы пациента и вследствие хирургического лечения деформаций позвоночника, и патологии тазобедренного сустава. Данные параметры имеют четкую взаимосвязь, которую можно представить при помощи математической формулы $PI = PT + SS$. По данным анатомического исследования, на 880 кадаверных препаратах,

Результаты анализа рентгенологических показателей

Параметр	Референсная группа (р), n = 60	1-я группа, n = 98		2-я группа, n = 122	
	без сколиотической деформации позвоночника со стабильными тазобедренными суставами	дети со сколиотическими деформациями позвоночника		дети с нестабильностью тазобедренного сустава	
		подгруппа А, n = 73	подгруппа В, n = 25	подгруппа С, n = 54	подгруппа D, n = 68
		диспластический сколиоз (А)	нейрогенный сколиоз (В)	диспластический сколиоз (С)	нейрогенный сколиоз (D)
Тазовый индекс (PI), град.	47,8 ± 8,9	47,2 ± 10,2	46,9 ± 12,1	48,2 ± 11,8	50,2 ± 12,3
Тазовый наклон (PT), град.	5,4 ± 7,5	15,5 ± 1,5* ^{р,С, D}	7,3 ± 8,1* ^р	6,7 ± 6,1* ^{р, А}	6,6 ± 3,1* ^{р, А}
Наклон крестца (SS), град.	38,1 ± 7,8	28,8 ± 1,2* ^{р,С, D}	27,2 ± 1,3* ^{р,С, D}	48,1 ± 1,4* ^{р, А, В}	49,3 ± 1,3* ^{р, А, В}
Грудной кифоз (ТК), град.	42,1 ± 10,7	25,8 ± 5,9	21,1 ± 11,2	28,3 ± 10,6	32,3 ± 10,6
Общий поясничный лордоз (GLL), град.	39,7 ± 11,9	50,9 ± 11,4* ^D	28,34 ± 12,8* ^{С, D}	52,2 ± 8,2* ^В	60,2 ± 8,4* ^{р, А, В}
Отклонение вертикальной линии отвеса (SVA), в см	1,1 ± 1,1	-6,3 ± 1,1* ^р	-9,3 ± 1,3* ^р	-9,8 ± 2,1* ^{р, А}	-7,1 ± 1,4* ^р
Шеечно-диафизарный угол (ШДУ), в град.	124,3 ± 5,8	126,2 ± 6,03	132,2 ± 12,7	147,1 ± 14,7* ^р	138,2 ± 7,9* ^р
Угол патологической антефорсии (АТ), в град.	26,0 ± 4,1	26,1 ± 3,8	32,4 ± 3,7	36,5 ± 6,4	43,2 ± 8,2* ^{р, А, В}
Степень костного покрытия головки бедренной кости (СКП), коэф.	0,97 ± 0,1	0,91 ± 0,3* ^{р, В, С}	0,63 ± 0,04* ^{р, А, D}	0,68 ± 0,04* ^{р, А}	0,58 ± 0,17* ^{р, А, С}
Угол вертикального соответствия (УВС), в град.	88,3 ± 3,6	89,7 ± 3,6	82,6 ± 6,1	74,5 ± 5,7* ^{р, А}	76,1 ± 8,3* ^{р, А}
Ацетабулярный индекс (АИ), в град.	13,3 ± 3,1	12,9 ± 2,8	15,7 ± 3,3	20,8 ± 6,6	19,1 ± 5,1
Угол Виберга (УВ), в град.	26,1 ± 2,1	26,1 ± 2,1	22,1 ± 3,9	15,6 ± 4,2* ^{р, А}	16,3 ± 4,3* ^{р, А}
Тазовый наклон во фронтальной плоскости (ТН), град.	2,3 ± 1,1	11,3 ± 4,7* ^р	15,2 ± 6,7* ^р	17,1 ± 3,4* ^р	18,1 ± 11,2* ^р
Фронтальная деформация отдела позвоночника:					
грудного (ФДГОП), в град.	4,1 ± 2,6	82,1 ± 18,5* ^р	94,3 ± 23,16* ^р	8,7 ± 3,7* ^{р, А, В}	12,7 ± 5,3* ^{р, А, В}
поясничного (ФДПОП), в град.	2,0 ± 0,1	49,1 ± 14,6* ^р	54,2 ± 17,1* ^р	16,7 ± 6,2* ^{р, А, В}	19,4 ± 7,2* ^{р, А, В}
Фронтальный баланс ФБ, в см	0,8 ± 0,4	3,5 ± 1,2* ^р	3,7 ± 1,5* ^р	3,6 ± 1,2* ^р	3,8 ± 1,3* ^р

Примечание. * – критерий достоверности различий при $p < 0,05$; ^{р, А, В, С, D} – указание группы, с которой сравнивается данный показатель.

показатель PI является величиной постоянной и, по данным литературы, в низкой степени коррелирует с полом и возрастом ($r = 0,026$, $p = 0,288$), в среднем, его величина составляет $46,0 \pm 11,0^\circ$ [27].

Анализ SS по группам исследования показал его достоверное увеличение во 2-й группе ($p < 0,05$) и уменьшение у пациентов 1-й группы в сравнении с референсными значениями ($p < 0,05$). Проследив изменения показателя наклона таза (PT) в исследуемых группах, мы отметили, что он достоверно увеличен у пациентов с диспластическими деформациями позвоночника по отношению к референсной группе ($p < 0,05$) и к остальным подгруппам исследования, что свидетельствует о включении механизмов компенсации для поддержания вертикального положения тела в условиях наличия деформации позвоночника. Это подтверждается динамикой изменения показателя смещения сагиттальной вертикальной оси туловища (SVA) в пределах $-6,3 \pm 1,1$ см у пациентов с диспластическими деформациями позвоночника ($p < 0,05$), нарастание смещения SVA у пациентов с нейрогенными деформациями позвоночника $-9,3 \pm 1,3$ см (при референсных значениях, соответствующих $4,1 \pm 1,1$ см). При этом смещение SVA в сравнении с референсными значениями, отмеченное в подгруппе D, у пациентов со спастической нестабильностью тазобедренных суставов составило $-7,1 \pm 1,4$ см ($p < 0,05$), что позволяет достоверно судить об отрицательном сагиттальном дисбалансе, как результате нестабильности тазобедренного сустава и не развитых механизмах компенсации. В норме отклонение вертикальной

линии отвеса (SVA), проведенной из центра C7 от заднего края верхней замыкательной пластинки S1 туловища, по данным литературы, в состоянии сагиттального баланса туловища на превышает 4 см. Смещение SVA кпереди более 4 см расценивается как положительный сагиттальный дисбаланс. Смещение кзади – как отрицательный.

В отечественной литературе имеются исследования относительно изменений параметров позвоночно-тазового баланса у пациентов с диспластической нестабильностью тазобедренных суставов. Авторы сравнивали средние показатели PI, PT и SS в группах с односторонними и двусторонними вывихами бедер и не выявили существенных отличий между группами исследования. Этот факт нам позволил не разделять пациентов с диспластической нестабильностью тазобедренных суставов на одно- и двусторонние [28]. А пациенты со спастической нестабильностью тазобедренных суставов, в нашем исследовании 129 (96,27%) из 134, имели одностороннюю нестабильность тазобедренного сустава.

Так же, как и в исследовании Бортулэва П.И. с соавт (2018), мы оценивали корреляцию между параметрами позвоночно-тазового баланса и величиной физиологических изгибов позвоночника. В подгруппе пациентов с диспластическими подвывихами мы также отметили тесную взаимосвязь между величиной наклона крестца (SS) и поясничного лордоза (GLL) ($r = 0,72$; $p < 0,05$), а также высокую корреляцию его с углом антефорсии проксимального отдела бедренной кости ($r = 0,75$; $p < 0,05$), что соответствует высокой степени тесноты взаимосвязи между

изучаемыми параметрами по коэффициенту корреляции Спирмена. Мы также провели исследование корреляции между указанными параметрами у пациентов с нейрогенной (спастической) нестабильностью тазобедренных суставов (подгруппа D). Корреляция между углами SS и GLL оказалась более тесной в сравнении с подгруппой С и соответствовала высокой степени зависимости ($r = 0,84$; $p < 0,05$), а корреляция между углами SS и антеторсии бедра определена на уровне ($r = 0,91$; $p < 0,05$). На наш взгляд, это можно объяснить несовершенством механизмов компенсации нарушения взаимоотношений в тазобедренных суставах за счет параметров позвоночно-тазового баланса, а следовательно и величиной поясничного лордоза. Этим и объясняются достоверно более высокие значения поясничного лордоза в подгруппе пациентов со спастической нестабильностью тазобедренных суставов – $60,2 \pm 8,4^\circ$, что достоверно ($p < 0,05$) отличается от референсных значений ($39,7 \pm 11,9^\circ$), а также отличается от подгрупп А и В ($p < 0,05$). Статистически значимой взаимосвязи в исследуемых группах пациентов между величиной поясничного лордоза и грудного кифоза не установлено.

Одним из ключевых критериев, позволяющих судить о стабильности тазобедренных суставов является степень костного покрытия головки (СКП) бедренной кости вертлужной впадиной. Анализ взаимосвязи между СКП и смещением сагиттальной вертикальной оси туловища показал тесную корреляцию ($r = 0,70$; $p < 0,05$).

Оценка зависимости между параметрами, характеризующими стабильность тазобедренного сустава, показала достоверную тесную корреляцию между дефицитом костного покрытия головки бедренной кости с фронтальным наклоном таза ($r = 0,97$; $p < 0,05$), ацетабулярным индексом ($r = 0,98$; $p < 0,05$), шейечно-диафизирным углом ($r = 0,99$; $p < 0,05$). Затем мы провели сопоставление степени костного покрытия головки (СКП) бедренной кости вертлужной впадиной с углом поясничного лордоза и выявили высокую тесноту корреляции ($r = 0,72$; $p < 0,05$) в подгруппе С, и еще большую тесноту взаимосвязи данных параметров в подгруппе D ($r = 0,89$; $p < 0,05$). По данным литературы, подобные явления могут объясняться неизбежной перегрузкой заднего опорного комплекса пояснично-крестцового отдела позвоночника в ответ на грубые нарушения анатомо-биомеханических взаимоотношений в тазобедренных суставах. Однако, на наш взгляд, вышеуказанные явления являются следствием нарастания сгибательно-приводящей патологической установки нижней конечностей, а компенсаторное увеличение поясничного лордоза является механизмом компенсации, за счет которого центр тяжести тела смещается кзади, и таким образом тело человека может длительное время находиться в пределах «конуса экономии» (J. Dubousset, 1994) даже при значительных сгибательных установках бедер и вторичной антеверсии таза. Таким образом, анализ данных позвоночно-тазового баланса, а также поясничного лордоза у пациентов с нестабильностью тазобедренных суставов диспластической и нейрогенной этиологии показал его высокую корреляцию с рентген-анатомическими показателями, характеризующими стабильность тазобедренного сустава, при этом происходит нарушение сагиттального баланса в отрицательную сторону.

При оценке тесноты взаимосвязи между наклоном таза во фронтальной плоскости и углом деформации поясничного отдела позвоночника у пациентов с диспластическими деформациями позвоночника выявлена достоверная корреляция ($r = 0,96$; $p < 0,05$), однако при сравнении данного показателя с деформацией грудного отдела выявлена

более низкая зависимость ($r = 0,64$; $p < 0,05$), что соответствует средней тесноте взаимосвязи. Это объясняется компенсирующим влиянием поясничной дуги, которая может длительное время сохранять туловище в состоянии фронтальной компенсации. У пациентов с нейрогенными деформациями позвоночника подобной зависимости мы не выявили ($r = 0,27$; $p > 0,05$) и ($r = 0,17$; $p > 0,05$), что свидетельствует о низкой выраженности механизмов компенсации в данной подгруппе.

О фронтальном дисбалансе туловища мы судили при разобщении линии отвеса от центра тела С7 позвонка и центральной фронтальной сагитальной линии более 2 см. Анализ данного показателя по исследуемым группам показал достоверное нарушение фронтального баланса туловища по всем группам, в большей степени у пациентов с нейрогенными деформациями позвоночника и спастической нестабильностью тазобедренных суставов ($p < 0,05$). Между ключевыми показателями сагиттального (SVA) и фронтального баланса по группам исследования выявлена взаимосвязь $r = 0,72$; $p < 0,05$. Взаимосвязь фронтальных и сагиттальных параметров баланса обсуждается в мировой литературе и для каждой ортопедической патологии ее теснота изменяется [29].

Выявленные сложные закономерности взаимоотношений между изученными параметрами в указанных подгруппах пациентов позволяют рекомендовать практикующим врачам-детским хирургам и ортопедам обратить более пристальное внимание на параметры фронтального и сагиттального баланса туловища в целом с целью прогнозирования их послеоперационных изменений и повышения эффективности хирургической коррекции диспластических и нейрогенных деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника и нестабильности тазобедренных суставов.

Из многочисленных источников литературы известно, что сохраняющийся фронтальный и сагиттальный дисбаланс туловища неизбежно приводит к перераспределению нагрузок на поясничный отдел позвоночника и тазобедренные суставы, что способствует выраженному прогрессированию дегенеративных изменений в поясничном отделе позвоночника и тазобедренных суставах. Это ведёт к снижению качества жизни пациентов за счет болевого синдрома и снижения толерантности к физическим нагрузкам. Такие дегенеративные изменения описаны в литературе под названием «hip-spine»-синдром [30–32]. Проведенные оперативные вмешательства, в результате которых отмечалось сохранение фронтального и сагиттального дисбаланса туловища часто имеют отсроченные последствия в виде рецидива основной деформации, нарушений металлофиксации, увеличения сроков костной консолидации, снижения качества жизни пациентов.

Заключение

Полученные результаты исследования обращают более пристальное внимание практикующих врачей на параметры фронтального и сагиттального баланса туловища в целом. Оценка и предоперационное планирование только локальных рентгеноанатомических параметров с целью прогнозирования их послеоперационных изменений не учитывает изменения фронтального и сагиттального баланса туловища, который, по данным литературы, определяет дальнейшее качество жизни пациентов. Выбор путей повышения эффективности хирургической коррекции диспластических и нейрогенных деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника и нестабильности тазобедренных суставов, на наш взгляд, должен учитывать нарушения как фронтального, так и сагиттального баланса туловища.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Концепция и дизайн исследования – Челпаченко О.Б., Жердев К.В., Фисенко А. П., Яцык С.П.; сбор и обработка материала – Челпаченко О.Б.; статистическая обработка – Челпаченко О.Б., Челпаченко О.Е.; написание текста – Челпаченко О.Б., Челпаченко О.Е.; редактирование – Жердев К.В., Фисенко А.П., Челпаченко О.Е., Яцык С.П.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность – все авторы.

ЛИТЕРАТУРА

(пп. 1, 3, 5, 6, 8, 10, 12, 14—27, 29–32 см. в REFERENCES)

- Дюбуссе Ж. Биомеханические и клинические аспекты переднего доступа при хирургическом лечении кифозов и кифосколиозов у детей и подростков. *Хирургия позвоночника*. 2010; (1): 018-28.
- Дюбуссе Ж. Позвоночник трехмерен, но не следует путать 3D-выстраивание и 3D-баланс. *Хирургия позвоночника*. 2016; 13(2): 77–85. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.2.77-85>
- Михайловский М. В. Текущие размышления о хирургии сколиоза. *Хирургия позвоночника*. 2012; (1): 31-6.
- Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Овечкина А.В., Барсуков Д.Б., Поздник И.Ю. Клинико-рентгенологические показатели позвоночно-тазовых соотношений у детей с диспластическим подвывихом бедра. *Травматология и ортопедия России*. 2018; 24(3): 74-82. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-74-82
- Грязева Е.Д., Желтков В.И., Портненко И.А. Кинематическая модель движения человека и идентификация ее параметров. *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки*. 2013;(2-2):107-11.
- Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Овечкина А.В., Барсуков Д.Б., Поздник И.Ю. Клинико-рентгенологические показатели позвоночно-тазовых соотношений у детей с диспластическим подвывихом бедра. *Травматология и ортопедия России*. 2018; 24 (3): 74-82.

REFERENCES

- Wilczynski J., Bieniek K., Habik N., Janecka S., Karolak P. Canonical Correlations between Body Postural Variables in the Sagittal Plane and Scoliotic Variables in School-Children. *Modern Applied Science*. 2018; 12(2): 109-15.
- Dyubusse ZH. Biomechanical and clinical aspects of anterior approach for surgical treatment of children. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2010; (1): 018-28.
- Diebo B.G., Challier V., Shah N.V., Kim D., Murray D.P., Kelly J.J., Lafage R., Paulino C.B., Passias P.G., Schwab F.J., Lafage V. The Dubousset Functional Test is a Novel Assessment of Physical Function and Balance. *Clin Orthop Relat Res*. 2019; 477(10): 2307-15. DOI: 10.1097/CORR.0000000000000820
- Dyubusse ZH. The spine is three-dimensional, but 3D alignment and 3D balance should not be confused. *Hirurgiya pozvonochnika*. 2016; 13(2): 77–85. DOI: <https://dx.doi.org/10.14531/ss2016.2.77-85>
- Bassani T., Galbusera F., Luca A., Lovi A., Gallazzi E., Brayda-Bruno M. Physiological variations in the sagittal spine alignment in an asymptomatic elderly population. *Spine J*. 2019; pii: S1529-9430(19)30898-8. DOI: 10.1016/j.spinee.2019.07.016.
- Le Huec JC, Hasegawa K Normative values for the spine shape parameters using 3D standing analysis from a database of 268 asymptomatic Caucasian and Japanese subjects. *Eur Spine J*. 2016; 25, 3630–7. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4485-5>
- Mikhailovsky M.V. Current reflections on scoliosis surgery. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2012; (1): 31-6.
- Okamoto, M., Jabour, F., Sakai, K. et al. Sagittal balance measures are more reproducible when measured in 3D vs in 2D using full-body EOS® images. *European Radiology*. 2018; 28(11): 4570–7. DOI: 10.1007/s00330-018-5485-0
- Yamato Y., Sato Y., Togawa D., Hasegawa T., Yoshida G., Yasuda T., Banno T., Arima H., Oe S., Mihara Y., Ushirozako H., Yamada T., Matsuyama Y. Differences in the geometrical spinal shape in the sagittal plane according to age and magnitude of pelvic incidence in healthy elderly individuals. *J Orthop Sci*. 2019; pii: S0949-2658(19)30207-6. DOI: 10.1016/j.jos.2019.07.005
- Okuzu Y., Goto K., Okutani Y., Kuroda Y., Kawai T., Matsuda Sh. Hip-Spine Syndrome: Acetabular Anteversion Angle Is Associated with Anterior Pelvic Tilt and Lumbar Hyperlordosis in Patients with Acetabular Dysplasia. A Retrospective Study. *JB JS Open Access*. 2019; 4(1): e0025. DOI: 10.2106/JBJS.OA.18.00025

- Bortulyov P.I., Vissarionov S.V., Baskov V.E., Ovechhina A.V., Barsukov D.B., Pozdnikin I.YU. Clinical and radiological indicators of spinal-pelvic ratios in children with dysplastic subluxation of the hip. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2018; 24(3): 74-82. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-74-82
- Roussouly P., Pinheiro-Franco J.L. Biomechanical analysis of the spinopelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J*. 2011; 20 Suppl 5: 609-18. DOI: 10.1007/s00586-011-1928-x
- Gryazeva E.D., Zheltkov V.I., Portnenko I.A. Kinematic model of human movement and identification of its parameters. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki*. 2013; (2-2): 107-111.
- Tournemine S., Angelliaume A., Simon A.L., Ilharreborde B. Are post-operative standing radiographs relevant before hospital discharge in adolescent idiopathic scoliosis? *Eur Spine J*. 2019; 28(6): 1363-70. DOI: 10.1007/s00586-019-05971-w. Epub 2019 Apr 10
- Singh V., Rustagi T., Hart R. Extended L5 pedicle subtraction osteotomy for neglected sacropelvic dissociation injury: case report. *J Neurosurg Spine*. 2019; 29:1-5. DOI: 10.3171/2019.1.SPINE181271
- Ozer A.F., Kaner T., Bozdogan C. Sagittal Balance in the Spine. *Turkish Neurosurgery*. 2014; 24(1): 13-9.
- Burns S.A., Burshteyn M., Mintken P.E. Sign of the buttock following total hip arthroplasty. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010; 40(6): 377. DOI: 10.2519/jospt.2010.0410
- Zheng X., Chaudhari R., Wu C., Mehdod A.A., Transfeldt E.E., Winter R.D. Repeatability test of c7 plumb line and gravity line on asymptomatic volunteers using an optical measurement technique. *Spine*. 2010; 35(18): e889-4. DOI: 10.1097/brs.0b013e3181db7432
- Duval-Beaupere C., Schmidt C., Cosson P. (1992) Duval-Beaupere G., Schmidt C and Cosson P: A Barycentremetric Study of the Sagittal Shape of Spine and Pelvis: The Conditions Required for an Economic Standing Position. *Ann Biomed Eng*. 1992; 20: 451–62.
- Mac-Thiong JM, Labelle H, Roussouly P. Pediatric sagittal alignment. *Eur Spine J*. 2011; 20(Suppl 5): 586–90. DOI: 10.1007/s00586-011-1925-0
- Li W.S., Li G., Chen Z.Q., Wood K.B. Sagittal plane analysis of the spine and pelvis in adult idiopathic scoliosis. *Chin Med J*. 2010; 123(21): 2978–82.
- Kuntz C., 4th, Shaffrey C.I., Ondra S.L., Durrani A.A., Mummaneni P.V., Levin L.S. et al. Spinal deformity: a new classification derived from neutral upright spinal alignment measurements in asymptomatic juvenile, adolescent, adult, and geriatric individuals. *Neurosurgery*. 2008; 63(3 Suppl): 25–39. DOI: 10.1227/01.NEU.0000313120.81565.D7
- Voutsinas S.A., MacEwen G.D. Sagittal profiles of the spine. *Clin Orthop Relat Res*. 1986; (210): 235–42.
- Mac-Thiong J.M., Labelle H., Berthodnaud E., Betz R.R., Roussouly P. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents. *Eur Spine J*. 2007; 16(2): 227–34. DOI: 10.1007/s00586-005-0013-8
- 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.
- Duval-Beaupere C., Schmidt C., Cosson P. Duval-Beaupere G., Schmidt C. and Cosson P. A Barycentremetric Study of the Sagittal Shape of Spine and Pelvis: The Conditions Required for an Economic Standing Position. *Ann Biomed Eng*. 1992. 20: 451–62.
- Weinberg D.S., Morris W.Z., Gebhart J.J., Liu R.W. Pelvic incidence: an anatomic investigation of 880 cadaveric specimens. *Eur Spine J*. 2016; 25(11): 3589–95. DOI: 10.1007/s00586-015-4317-z
- Bortulyov P.I., Vissarionov S.V., Baskov V.E., Ovechhina A.V., Barsukov D.B., Pozdnikin I.YU. Clinical and radiological indicators of spinal-pelvic ratios in children with dysplastic hip subluxation. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2018; 24 (3): 74-82.
- Ma Q., Wang L., Zhao L. et al. Coronal Balance vs. Sagittal Profile in Adolescent Idiopathic Scoliosis, Are They Correlated?. *Front Pediatr*. 2020; 7: 523. DOI: 10.3389/fped.2019.00523
- Devin C.J., McCullough K.A., Morris B.J., Yates A.J., Kang J.D. Hip-spine syndrome. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012; 20(7): 434–42. DOI: 10.5435/JAAOS-20-07-434;
- Prather H., van Dillen L. Links between the Hip and the Lumbar Spine (Hip Spine Syndrome) as they Relate to Clinical Decision Making for Patients with Lumbopelvic Pain. *PM R*. 2019;11 Suppl 1: 64–72. DOI: 10.1002/pmrj.12187
- Okuzu Y., Goto K., Okutani Y., Kuroda Y., Kawai T., Matsuda S. Hip-Spine Syndrome: Acetabular Anteversion Angle Is Associated with Anterior Pelvic Tilt and Lumbar Hyperlordosis in Patients with Acetabular Dysplasia: A Retrospective Study. *JB JS Open Access*. 2019; 4(1): e0025. DOI: 10.2106/JBJS.OA.18.00025

Поступила 12 марта 2020

Принята 13 апреля 2020