

Постуральные изменения позвоночно-тазового баланса у пациентов с hip-spine синдромом

А.О. Котельников, С.О. Рябых, А.В. Бурцев

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

Postural changes of the vertebral-pelvic balance in patients with Hip-Spine syndrom

A.O. Kotelnikov, S.O. Ryabykh, A.V. Burtsev

Iizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Актуальность. Известно, что состояние сагиттального баланса строго коррелирует с качеством жизни пациента. При этом референтные значения для коррекции сагиттальных параметров позвоночника выводятся только из вертикальных рентгенограмм. Современные данные показывают, что использование только стандартизированных сагиттальных параметров в положении стоя для планирования объема хирургической реконструкции ошибочно. Однако редкие публикации показывают отличие сагиттального профиля позвоночника в положении сидя и стоя в возрастном аспекте. Информации при распространенной дегенеративной патологии позвоночника нет. **Цель.** Сравнительная оценка вариативности параметров сагиттального профиля пациентов с hip-spine синдромом в положении стоя и сидя и соотношение с нормальными значениями среднестатистической популяции. **Дизайн:** проспективное моноцентровое наблюдательное исследование «случай-контроль» с историческим контролем. В исследование включены 74 пациента с hip-spine синдромом в возрасте на момент обследования $63 \pm 9,9$ (от 43 до 83) года. Период набора пациентов – 23 месяца. Основную группу сформировали данные 74 обследованных пациентов с hip-spine синдромом. Группу сравнения (58 человек) представляли данные возрастных сагиттальных параметров здоровых лиц среднестатистической популяции, выявленные на основании публикаций в открытом доступе. Критериями анализа были сагиттальные позвоночно-тазовые параметры туловища – CL, TK, TLK, LL, PI, PT, SS, SVA. Расчет сагиттальных параметров производился в программе Surgimap. **Результаты.** У всех пациентов при переходе из положения стоя в положение сидя отмечались кифотизация грудно-поясничного перехода (среднее значение угла изменения TLK составило $10,3^\circ - 145\%$), уменьшение поясничного лордоза (среднее значение угла изменения LL – $23^\circ - 44,4\%$) с ретроверзией таза (PT: $18,6^\circ - 126,5\%$, SS: $18,3^\circ - 51,6\%$) и увеличение отклонения вперед SVA ($10,5\text{ мм} - 25,5\%$). Значимых изменений шейного лордоза и грудного кифоза не выявлено. При сравнении средних значений сагиттальных параметров основной и контрольной групп не отмечено существенных различий. Однако среди всех пациентов основной группы выделены 6 пациентов (8,1 %), у которых разница параметров LL, SS, PT в положении стоя и сидя была менее 10° , что свидетельствует о выраженной ригидности пояснично-крестцового отдела позвоночника. **Заключение.** Постуральные сагиттальные позвоночно-тазовые параметры туловища в положении стоя и сидя у пациентов с hip-spine синдромом существенно отличаются друг от друга. Ключевую роль в изменениях играет позиция таза, который сохраняет подвижность, несмотря на наличие различной выраженности дегенеративных изменений в комплексе «тазобедренные суставы - пояснично-крестцовый отдел позвоночника».

Ключевые слова: hip-spine синдром, сагиттальный баланс, постуральные параметры сагиттального баланса, положение сидя, сагиттальные позвоночно-тазовые параметры

Relevance It is known that the state of sagittal balance is strictly correlated with the quality of life of the patient. At the same time, reference values for correction of sagittal parameters of the spine are derived only from vertical radiographs. Current evidence shows that the use of only standardized sagittal parameters in the standing position for planning the volume of surgical reconstruction is erroneous. However, rare publications show the difference between the sagittal profile of the spine in the sitting and standing position related to age. There is no information on the profile in extended degenerative pathology of the spine. **Aim of the study** Comparative assessment of the variability of the parameters of the sagittal profile of patients with Hip-Spine syndrome in the standing and sitting positions and comparison with healthy subjects from the average population. **Design** A prospective case-control monocenter observational study with historical control. The study included 74 patients with "Hip-spine" syndrome at the age of 63 ± 9.9 (43 to 83) years at the time of examination. The recruitment period was 23 months. The main group was formed by 74 patients with Hip-Spine syndrome. The control group (58 subjects) was represented by healthy individuals from open sources on the average population. The criteria of the analysis were sagittal vertebral-pelvic parameters of the trunk – CL, TK, TLK, LL, PI, PT, SS, SVA. The calculation of sagittal parameters was performed with Surgimap Spine software. **Results** In all patients during the transition from standing to sitting, there was kyphotization of the thoracolumbar transition (mean TLK angle was $10.3^\circ - 145\%$), a decrease in lumbar lordosis (mean LL angle – $23^\circ - 44.4\%$) with pelvic retroversion (PT: $18.6^\circ - 126.5\%$, SS: $18.3^\circ - 51.6\%$) and an increase in forward SVA deviation ($10.5\text{ mm} - 25.5\%$). No significant changes in cervical lordosis and thoracic kyphosis were revealed. When comparing the average values of sagittal parameters of patients of the main and control groups, there were no significant differences. However, among all patients of the main group, there were 6 patients (8.1 %) in whom the difference in the parameters LL, SS, PT in the standing and sitting positions was less than 10° , which indicates a pronounced rigidity of the lumbosacral spine. **Conclusion** Postural sagittal vertebral-pelvic parameters of the trunk in the standing and sitting positions in patients with Hip-Spine syndrome differ significantly from each other. A key role in the changes is played by the position of the pelvis, which retains mobility, despite different severity of degenerative changes in the complex "hip joints-lumbosacral spine".

Keywords: hip-spine syndrome, sagittal balance of the trunk, postural parameters of sagittal balance, sagittal vertebral-pelvic parameters

ВВЕДЕНИЕ

Человек стремится к гармонии как в статике, так и в динамике, что позволяет ему экономить энергию в течение дня. Применительно к балансу туловища в целом и позвоночника в частности это определяется концепцией конуса экономии J. Dubousset [1–4]. Оценка сагиттального профиля пациентов играет важную роль при планировании оперативного лечения патологии позвоночника [5–12]. Сагиттальный баланс и сагиттальное выравнивание – два различных понятия в вертебрологии. Сагит-

тальное выравнивание определяет совокупность статических параметров, сагиттальный баланс – динамических параметров. Современная оперативная вертебрология ориентируется непосредственно на сагиттальное выравнивание, так называемый «alignment», и транспедикулярная фиксация с межтеловым спондилодезом служит гарантом стабильности восстановленного сагиттального профиля [13–19]. Наиболее подвижным и играющим важную роль в компенсаторных механизмах дисбаланса

Котельников А.О., Рябых С.О., Бурцев А.В. Постуральные изменения позвоночно-тазового баланса у пациентов с hip-spine синдромом // Гений ортопедии. 2020. Т. 26, № 2. С. 206–211. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-2-206-211

Kotelnikov A.O., Ryabykh S.O., Burtsev A.V. Postural changes of the vertebral-pelvic balance in patients with Hip-Spine syndrom. Genij Ortopedii, 2020, vol. 26, no 2, pp. 206–211. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-2-206-211

туловища является комплекс «таз – пояснично-крестцовый отдел позвоночника» [20–23]. Последние исследования показали существенные изменения поясничного лордоза и динамических параметров таза в положении стоя и сидя, однако мы не нашли исследований, посвященных исследованию баланса позвоночника у пациентов с сочетанной дегенеративной патологией в комплексе «таз – пояснично-крестцовый отдел позвоночника». Это обстоятельство аргументирует основной вопрос исследования и его цель: существует ли вариабельность параметров сагиттального профиля пациентов в положении стоя и сидя, а так же как они соотносятся с нормальными значениями среднестатистической популяции. Нозологическая группа hip-spine синдром выбрана нами как типичная и нередкая группа с предполагаемым нарушенным сагиттальным профилем априори.

Цель: сравнительная оценка вариабельности параметров сагиттального профиля пациентов с hip-spine синдромом в положении стоя и сидя и соотношение с нормальными значениями среднестатистической популяции.

Дизайн исследования: сплошное проспективное моноцентровое контролируемое исследование «случай-контроль» с историческим контролем.

Уровень доказательности: 3a (по UK Oxford, версия 2009).

Отбор больных в основную группу осуществлялся по следующим критериям включения:

- принцип когортности – единство места (пациенты РНЦ «ВТО» им. Г.А. Илизарова) и времени (период набора с января 2016 по декабрь 2018 г.), хирургическая бри-

гада (единое планирование хирургического протокола);

- нозологический принцип единства клинической манифестации (пациенты с подтвержденной лучевыми данными дегенеративной патологией в комплексе «тазобедренные суставы – пояснично-крестцовый отдел позвоночника» (далее комплекс «ТБС-ПКОП») и с наличием болевого синдрома как в тазобедренном суставе (суставах), так и в области пояснично-крестцового отдела позвоночника).

В качестве критериев исключения определены:

- наличие у пациентов нестабильного соматического статуса, неврологических нарушений (в том числе с выраженным болевым синдромом) и тяжелых контрактур крупных суставов нижней конечности, ограничивающих вертикализацию и сидение;
- наличие у пациентов дисплазий и аномалий развития позвоночника, сочетанных с деформацией или болевым синдромом, травм позвоночника, таза, тазобедренных суставов; любых воспалительных заболеваний и онкологических процессов в области позвоночника и тазобедренных суставов.

Период набора пациентов: январь 2016 – декабрь 2018 года (общий срок – 36 месяцев).

С учетом выделенных критериев основная группа включала результаты 74 пациентов. Гендерное соотношение ♀ – 26 (35,1 %), ♂ – 48 (64,9 %). Возраст обследуемых составил в среднем $63 \pm 9,9$ года и варьировал от 43 до 83 лет. У пациентов контрольной группы (здоровые) взяты значения разницы сагиттальных позвоночно-тазовых параметров стоя и сидя.



Рис. 1. Графическое представление дизайна исследования

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Всем пациентам группы исследования проведено лучевое и клиническое обследование.

Лучевое исследование включало выполнение рентгенотелеметрии позвоночника и таза в боковой проекции в положении стоя и сидя на стуле. Положения стоя и сидя были стандартизированы как наиболее правильные в соответствии с исследованиями ряда авторов Sieh K.M. (2018), Cho I.Y. (2015): стоячее положение требовало стоять максимально прямо, без склонений вперед или назад, кисти рук на ключицах; сидячее положение требовало сгибание бедер и колен под углом 90°, а также сидеть максимально прямо, без склонений вперед или назад, кисти рук на ключицах.

Клиническое исследование включало определение типа hip-spine синдрома по Offierski, MacNab [40]; оценку функционального статуса пациентов по шкалам, ODI, Harris, а также оценку выраженности болевого синдрома по VAS LBP (low back pain) и VAS LEP (Low extremity pain),

Критерии оценки. По данным рентгенотелеметрии позвоночника и таза оценивали восемь сагит-

тальных параметров позвоночно-тазовых взаимоотношений – CL, TK, TLK, LL, PI, PT, SS, SVA. Расчет и интегральная оценка параметров проводилась в программе Surgimap. Критерии сагиттальных параметров туловища и позвоночно-тазовых взаимоотношений в положении сидя и стоя выделены по D. Hey (2016) как наиболее валидные и достоверно коррелирующие с качеством жизни.

Статистический анализ данных выполняли с использованием программы «Statistical Package for the Social Sciences» (SPSS), версия 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Проверка на нормальность распределения исследуемых параметров выполнена с помощью метода описательной статистики. При межгрупповой сравнительной оценке различий средних значений анализируемых параметров использован непараметрический критерий Н – Крускала-Уоллеса и корреляционный анализ с использованием критерия r – Пирсона в связи с малочисленностью выборок. Статистические различия расценивали как значимые при двустороннем $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Среди всех больных с простым hip-spine синдромом было 57 человек – 76,9 %, с комплексным синдромом 17 – 22,1 %. Из группы с простым синдромом выделены подгруппа с преобладанием патологии тазобедренного сустава, $n = 43$ (58,0 %) и подгруппа с преобладанием симптоматики пояснично-крестцового отдела позвоночника, $n = 14$ (18,9 %). В неврологическом статусе в разном сочетании встречались вертеброгенный болевой синдром ($n = 74$, 10 %) – ВАШ – $5,7 \pm 2,5$, артрогенный болевой синдром ($n = 74$, 100 %) – ВАШ – $4,6 \pm 2,1$, нейрогенная перемежающаяся хромота ($n = 10$, 13,5 %), радикулопатия ($n = 10$, 13,5 %). Значения шкалы Harris – $65,8 \pm 13,6$ и ODI – $42,3 \pm 13,5$ свидетельствуют о значительном ухудшении качества жизни обследуемых больных. Согласно данным опросника Harris, у большинства пациентов – 51 (68,9 %) – вариант ответа на вопрос о способности сидеть на стуле был «b» либо «с» (а – комфортно на обычном стуле один час, b – на высоком стуле полчаса, с – не может сидеть на любом стуле).

По данным рентгенологического обследования у всех пациентов были различной степени выраженности признаки коксартроза: 1 стадии – 2 пациента (2,7 %); 2 стадии – 16 (21,6 %); 3 стадии – 56 (75,7 %). У 58 (78,4 %) пациентов при клиническом осмотре выявлены комбинированные контрактуры тазобедренных суставов с дефицитом разгибания до 10° . Дегенеративные изменения поясничного отдела позвоночника отмечались у всех пациентов исследуемой группы ($n = 74$): остеофиты тел позвонков имелись у 52 (92,85 %) больных, снижение высоты межпозвоночных дисков и отверстий отмечалось у 43 (76,78 %) пациентов, артроз дугоотростчатых суставов у 48 (85,71 %). Во всех случаях изменения локализовались в нижних поясничных сегментах (L4-S1).

У всех пациентов при переходе из положения стоя в положение сидя отмечалась кифотизация груднопоясничного перехода в сравнении с положением стоя (среднее значение угла изменения TLK составило $10,3^\circ - 145^\circ$), уменьшение поясничного лордоза (среднее значение угла изменения LL – $23,0^\circ - 44,4^\circ$) с ретроверзией таза (PT: $18,6^\circ - 126,5^\circ$, SS: $18,3^\circ - 51,6^\circ$) и нарастание позитивного отклонения SVA ($10,5$ мм – $25,5^\circ$) за счет наклона вперед. Значимых изменений шейного лордоза и грудного кифоза не выявлено. Статистический анализ по оценке достоверности различий (табл. 1), согласно критерию Н – Крускала-Уоллеса указывает на достоверность отличий LL, PT, SS в положении сидя и стоя – $p \leq 0,05$. Согласно корреляционному анализу с использованием критерия r – Пирсона (в программе SPSS, версия 22.0) сильная взаимосвязь отмечена лишь между параметрами LL и SS ($r = 0,84$).

При сравнении средних значений углов изменения позвоночно-тазовых параметров у пациентов основной группы с данными группы сравнения (здоровых лиц) по Н. Неу (2016) [39] не отмечено существенных различий за исключением показателя ТК, который более значительно изменялся у здоровых лиц (табл. 2). Однако среди всех пациентов изучаемой группы необходимо выделить шесть пациентов (8,1 %), у которых разница параметров LL, SS, PT в положении стоя и сидя была менее 10° , что свидетельствует о выраженной ригидности пояснично-крестцового отдела позвоночника (пять из них относились к группе с комплексным hip-spine синдромом и один – к группе с простым синдромом – подгруппа с преобладанием симптоматики поражения пояснично-крестцового отдела позвоночника). Разница сагиттального баланса сидя и стоя представлена на рисунке 2.

Таблица 1

Статистическая обработка позвоночно-тазовых параметров в сагиттальной плоскости

Параметры	В положении стоя	В положении сидя	Достоверность различий
TLK (грудопоясничный переход)			
минимальный	-26	-2	p = 0,06
максимальный	40	48	
средний	7,1 ± 11,8	17,4 ± 10,7	
LL (поясничный лордоз)			
минимальный	-29	-4	p = 0,04
максимальный	-91	-79	
средний	-54,1 ± 13,2	-30,9 ± 17,1	
PT (наклон таза)			
минимальный	-5	7	p = 0,05
максимальный	29	56	
средний	13,9 ± 7,3	34,2 ± 11,8	
SS (наклон крестца)			
минимальный	18	-6	p = 0,04
максимальный	53	47	
средний	38,6 ± 9,0	18,7 ± 12,4	
SVA (сагиттальная вертикальная ось)			
минимальный	-25	-11	p > 0,09
максимальный	145	132	
средний	41,1 ± 40,7	51,6 ± 29,1	
TK (грудной кифоз)			
минимальный	1	7	p = 0,08
максимальный	65	60	
средний	31,9 ± 12,9	33,7 ± 11,9	
CL (шейный лордоз)			
минимальный	11	4	p > 0,09
максимальный	-62	-81	
средний	-23,1 ± 17,7	-25,7 ± 18,6	

Таблица 2

Сравнение средних значений углов изменения позвоночно-тазовых параметров (между положением сидя и стоя) среди здоровых лиц и пациентов с hip-spine синдромом

Параметры	Здоровые	Пациенты с hip-spine синдромом
	средний угол изменения	
LL (поясничный лордоз), °	24,6 ± 12,7	23,0 ± 16,2
SS (наклон крестца), °	18,8 ± 8,7	18,3 ± 9,4
PT (наклон таза), °	19,5 ± 7,9	18,6 ± 8,8
ТК (грудной кифоз), °	8,6 ± 7,2	2,2 ± 6,3

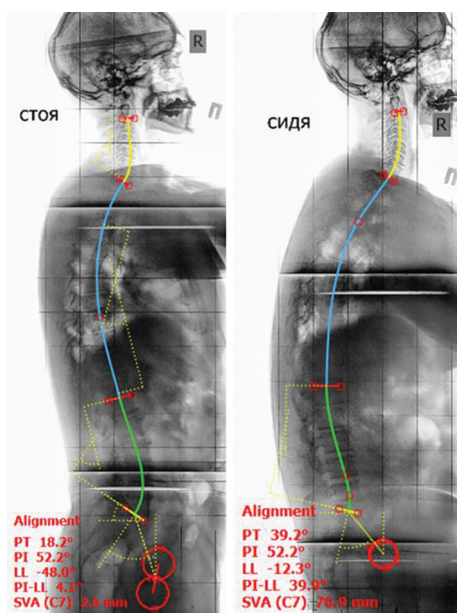


Рис. 2. Рентгенометрия позвоночника в боковой проекции в положении сидя и стоя пациента 62 лет с простым типом hip-spine синдрома (подгруппа с преобладанием патологии тазобедренного сустава). Разница позиции таза и значения поясничного лордоза между положением стоя и сидя составила: PT: 24° – 131 %, LL: -35,7° – 74 %

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время «золотым» стандартом при операциях на позвоночнике является восстановление естественного искривления позвоночника в положении стоя. Это основано на предположении, что положение стоя является наиболее желательной позой для позвоночника [24–27]. Тем не менее, данное утверждение спорно, поскольку для существенного количества людей более функциональной позой может быть сидение, в особенности для пожилой группы пациентов с выраженными дегенеративно-дистрофическими изменениями в позвоночнике и суставах (группа людей с hip-spine синдромом).

Ряд зарубежных авторов, оценивая функциональную активность здоровых детей и взрослых, указывают, что в современном мире большую часть времени бодрствования человек проводит в положении сидя, нежели стоя, что, возможно, связано с ростом техногенности жизненного процесса, роботизацией, в которой физическая работа человека отходит на второй план [28–31]. Поэтому сформировалась гипотеза – пациентам, нуждающимся в оперативном вмешательстве на пояснично-крестцовом отделе позвоночника со стабилизацией и находящимся большую часть времени бодрствования в положении сидя, фиксировать позвоночник в сагиттальном выравнивании, соответствующем сидячему положению. Сагиттальное выравнивание туловища в положении стоя и сидя существенно отличается друг от друга в том, что при положении сидя отмечается вращение таза назад и гиполордозация поясничного отдела позвоночника [28, 32–34]. Наше исследование подтверждает заключение этих работ и указывает на сопоставимую мобильность

пояснично-крестцового отдела позвоночника у здоровых людей и людей со значительными дегенеративно-дистрофическими изменениями в ПКП и тазобедренных суставах. У шести пациентов (8,1 %) разница параметров LL, SS, PT в положении стоя и сидя была менее 10°, что демонстрировало отсутствие компенсаторных возможностей ввиду выраженной клинической и рентгенологической картины hip-spine синдрома.

Кроме того, в большинстве случаев, несмотря на сохранную мобильность ПКП и ТБС, положение сидя может вызывать дискомфорт и боль (в нашем исследовании встречались у 51 пациента (68,9 %) и были связаны, на наш взгляд, именно с наличием выраженных изменений в исследуемом комплексе).

Все это говорит о том, что пояснично-крестцовый отдел играет важную роль компенсатора и регулятора баланса туловища. Однако предположение о том, что необходимо таким пациентам сохранять сагиттальное выравнивание, соответствующее положению сидя, на наш взгляд, является неверным и недопустимым в связи с тем, что сохранение гиполордоза поясничного отдела (в особенности при фиксации нижних поясничных сегментов) выведет пациента из «конуса экономики» по J. Dubousset и приведет к отклонению линии гравитации вперед при вертикализации пациента за счет антеверзии таза и отсутствия компенсаторных возможностей поясничного отдела (из-за отсутствия его подвижности). Это утверждение подтверждается результатами нашего исследования и публикациями ряда авторов, демонстрирующими наличие высокой корреляционной связи параметра SS с поясничным

лордозом, а также фактом изменения позиции таза в положении сидя и стоя [35-38].

Таким образом, есть все основания предполагать, что многосегментарная стабилизация поясничного отдела позвоночника в положении, соответствующем выравниванию «сидя», на фоне сохранной подвижности таза затруднит вертикализацию больного, что ухудшит

возможность самообслуживания и повседневную активность пациента. Коррекция и стабилизация поясничного отдела позвоночника в пределах «конуса экономии» сохраняет пациентам возможность принимать положение сидя, поскольку нагрузку на мышцы для поддержания сидячей позы можно нивелировать за счет изменения положения спинки стула для поддержки спины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Постуральные сагиттальные позвоночно-тазовые параметры туловища в положении стоя и сидя у пациентов с hip-spine синдромом существенно отличаются друг от друга.

Ключевую роль в изменениях играет позиция таза.

В большинстве случаев таз сохраняет мобильность и функцию регулятора баланса туловища, несмотря на наличие выраженной клинической и рент-

генологической картины hip-spine синдрома.

Ограничения. Моноцентрический характер с ограниченной по численности когортой, без сомнения, ограничивает уровень доказательности полученных закономерностей, что не только исключает категоричный характер заключений, но и определяет направленность на мультицентровое исследование по исследуемой теме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Normative values of spinopelvic sagittal alignment, balance, age, and health-related quality of life in a cohort of healthy adult subjects / K. Hasegawa, M. Okamoto, S. Hatsushikano, H. Shimoda, M. Ono, K. Watanabe // Eur. Spine J. 2016. Vol. 25, No 11. P. 3675-3686. DOI: 10.1007/s00586-016-4702-2.
2. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters / E. Berthod, J. Dimnet, P. Roussouly, H. Labelle // J. Spinal Disord. Tech. 2005. Vol. 18, No 1. P. 40-47. DOI: 10.1097/01.bsd.0000117542.88865.77.
3. Dubousset J. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. In: The pediatric spine: principles and practice / Weinstein S.L., ed. New York: Raven Press. Ltd. 1994. P. 479-496.
4. Impact of spinopelvic alignment on decision making in deformity surgery in adults: A review / C.P. Ames, J.S. Smith, J.K. Scheer, S. Bess, S.S. Bederman, V. Deviren, V. Lafage, F. Schwab, C.I. Shaffrey // J. Neurosurg. Spine. 2012. Vol. 16, No 6. P. 547-564. DOI: 10.3171/2012.2.SPINE11320.
5. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population / F. Schwab, A. Dubey, L. Gamez, A.B. El Fegoun, K. Hwang, M. Pagala, J.P. Farcy // Spine. 2005. Vol. 30, No 9. P. 1082-1085. DOI: 10.1097/01.brs.0000160842.43482.cd.
6. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery / F. Schwab, A. Patel, B. Ungar, J.P. Farcy, V. Lafage // Spine. 2010. Vol. 35, No 25. P. 2224-2231. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181ee6bd4.
7. Lu D.C., Chou D. Flatback syndrome // Neurosurg. Clin. N. Am. 2007. Vol. 18, No 2. P. 289-294. DOI:10.1016/j.nec.2007.01.007.
8. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity / V. Lafage, F. Schwab, A. Patel, N. Hawkinson, J.P. Farcy // Spine. 2009. Vol. 34, No 17. P. E599-E606. DOI:10.1097/BRS.0b013e3181aad219.
9. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient / F. Schwab, V. Lafage, A. Patel, J.P. Farcy // Spine. 2009. Vol. 34, No 17. P. 1828-1833. DOI:10.1097/BRS.0b013e3181a13c08.
10. Sagittal realignment failures following pedicle subtraction osteotomy surgery: are we doing enough? Clinical article / F.J. Schwab, A. Patel, C.I. Shaffrey, J.S. Smith, J.P. Farcy, O. Boachie-Adjei, R.A. Hostin, R.A. Hart, B.A. Akbarnia, D.C. Burton, S. Bess, V. Lafage // J. Neurosurg. Spine. 2012. Vol. 16, No 6. P. 539-546. DOI:10.3171/2012.2.SPINE11120.
11. Sagittal spinal pelvic alignment / E. Klineberg, F. Schwab, J.S. Smith, M.C. Gupta, V. Lafage, S. Bess // Neurosurg. Clin. N. Am. 2013. Vol. 24, No 2. P. 157-162. DOI:10.1016/j.nec.2012.12.005.
12. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity / S.D. Glassman, K. Bridwell, J.R. Dimar, W. Horton, S. Berven, F. Schwab // Spine. 2005. Vol. 30, No 18. P. 2024-2029. DOI: 10.1097/01.brs.0000179086.30449.96.
13. Калинин А.А., Оконешникова А.К., Бывальцев В.А. Лечение пациентов с дегенеративными заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника с использованием новой методики фасеточной стабилизации имплантатом Facet Wedge // Современные технологии в медицине. 2017. Т. 9, № 2. С. 131-140.
14. Дюбюсс Ж. Достижение гармонии в 3D-коррекции деформаций позвоночника // Хирургия позвоночника. 2018. Т. 15, № 1. С. 101-109.
15. Is there an optimal patient stance for obtaining a lateral 36° radiograph? A critical comparison of three techniques / W.C. Horton, C.W. Brown, K.H. Bridwell, S.D. Glassman, S.I. Suk, C.W. Cha // Spine. 2005. Vol. 30, No 4. P. 427-433. DOI: 10.1097/01.brs.0000153698.94091.f8.
16. Legaye J., Duval-Beaupère G. Sagittal plane alignment of the spine and gravity: a radiological and clinical evaluation // Acta Orthop. Belg. 2005. Vol. 71, No 2. P. 213-220.
17. Spinal alignment versus spinal balance / J. Dubousset, V. Chailier, J.P. Farcy, F.J. Schwab, V. Lafage. In: Global Spinal Alignment: Principles, Pathologies, and Procedures / R.W. Haid, F.J. Schwab, C.I. Shaffrey, J.A. Youssef, eds. St. Louis, MO: Quality Medical Publishing. 2015. P. 3-9.
18. Legaye J. Analysis of the dynamic sagittal balance of the lumbo-pelvic-femoral complex. In: Biomechanics in Applications / Klika V., ed. Croatia: InTech. 2011. P. 221-246. URL: <http://www.intechopen.com/books/biomechanics-in-applications/analysis-of-the-dynamic-sagittal-balance-of-the-lumbo-pelvic-femoral-complex> (дата обращения: 08.05.2019).
19. Facet joint fixation and Anterior, Direct Lateral, and Transforaminal Lumbar Interbody Fusions for treatment of degenerative lumbar disc diseases: retrospective cohort study of a new minimally invasive technique / E. Belykh, A.A. Kalinin, N.L. Martirosyan, T.T. Kerimbayev, N. Theodore, M.C. Preul, V.A. Byvaltsev // World Neurosurg. 2018. Vol. 114. P.1e959-e968. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.03.121.
20. Клинические аспекты сагиттального баланса у взрослых / А.В. Бурцев, С.О. Рябых, А.О. Котельников, А.В. Губин // Гений ортопедии. 2017. Т. 23, № 2. С. 228-235. DOI: 10.18019/1028-4427-2017-23-2-228-235.
21. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects / R. Vialle, N. Levassor, L. Rillardon, A. Templier, W. Skalli, P. Guigui // J. Bone Joint Surg. Am. 2005. Vol. 87, No. 2. P. 260-267. DOI:10.2106/JBJS.D.02043.
22. Likelihood of reaching minimal clinically important difference in adult spinal deformity: a comparison of operative and nonoperative treatment / S. Liu, F. Schwab, J.S. Smith, E. Klineberg, C.P. Ames, G. Mundis, R. Hostin, K. Kebaish, V. Deviren, M. Gupta, O. Boachie-Adjei, R.A. Hart, S. Bess, V. Lafage // Ochsner. J. 2014. Vol. 14, No. 1. P. 67-77.
23. Radiologic findings of pelvic parameters related to sagittal balance / S.B. Kim, G.S. Lee, Y.G. Won, J.B. Jun, C.M. Hwang, C.H. Hong // J. Korean Soc. Spine Surg. 2016. Vol. 23, No. 3. P. 197-205. DOI: 10.4184/jkss.2016.23.3.197.
24. Jackson R.P., McManus A.C. Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size: A prospective controlled clinical study // Spine. 1994. Vol. 19, No 14. P. 1611-1618. DOI: 10.1097/00007632-199407001-00010.
25. Spino-pelvic parameters after surgery can be predicted: a preliminary formula and validation of standing alignment / V. Lafage, F. Schwab, S. Vira, A. Patel, B. Ungar, J.P. Farcy // Spine. 2011. Vol. 36, No 13. P. 1037-1045. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181eb9469.

26. Van Royen B.J., De Gast A., Smit T.H. Deformity planning for sagittal plane corrective osteotomies of the spine in ankylosing spondylitis // *Eur. Spine J.* 2000. Vol. 9, No 6. P. 492-498. DOI: 10.1007/s005860000183.
27. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery / F. Schwab, A. Patel, B. Ungar, J.P. Farcy, V. Lafage // *Spine.* 2010. Vol. 35, No 25. P. 2224-3221. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181ee6bd4.
28. Sagittal lumbar and pelvic alignment in the standing and sitting positions / K. Endo, H. Suzuki, H. Nishimura, H. Tanaka, T. Shishido, K. Yamamoto // *J. Orthop. Sci.* 2012. Vol. 17, No 6. P. 682-686. DOI: 10.1007/s00776-012-0281-1.
29. A collection of physical activity questionnaires for health-related research / M.A. Pereira, S.J. FitzGerald, E.W. Gregg, M.L. Joswiak, W.J. Ryan, R.R. Suminski, A.C. Utter, J.M. Zmuda // *Med. Sci. Sports Exerc.* 1997. Vol. 29, No 6 Suppl. P. S1-S205.
30. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports / R.R. Pate, M. Pratt, S.N. Blair, W.L. Haskell, C.A. Macera, C. Bouchard, D. Buchner, W. Ettinger, G.W. Heath, A.C. King et al. // *JAMA.* 1995. Vol. 273, No 5. P. 402-407. DOI: 10.1001/jama.273.5.402.
31. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity / C.L. Craig, A.L. Marshall, M. Sjöström, A.E. Bauman, M.L. Booth, B.E. Ainsworth, M. Pratt, U. Ekelund, A. Yngve, J.F. Sallis, P. Oja // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2003. Vol. 35, No 8. P. 1381-1395. DOI: 10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB.
32. Vaughn J.J., Schwend R.M. Sitting sagittal balance is different from standing balance in children with scoliosis // *J. Pediatr. Orthop.* 2014. Vol. 34, No 2. P. 202-207. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000075.
33. Pelvic balance in sagittal and Lewinnek reference planes in the standing, supine and sitting positions / R. Philippot, J. Wegrzyn, F. Farizon, M.H. Fessy // *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2009. Vol. 95, No 1. P. 70-76. DOI: 10.1016/j.otsr.2008.01.001.
34. The effect of age on sagittal plane profile of the lumbar spine according to standing, supine, and various sitting positions / E.S. Lee, C.W. Ko, S.W. Suh, S. Kumar, I.K. Kang, J.H. Yang // *J. Orthop. Surg. Res.* 2014. Vol. 9, No 1. P. 1-10. DOI: 10.1186/1749-799X-9-11.
35. Can pelvic tilting be ignored in total hip arthroplasty? / W.Y. Shon, V. Sharma, O.J. Keon, J.G. Moon, D.H. Suh // *Int. J. Surg. Case Rep.* 2014. Vol. 5, No 9. P. 633-636. DOI: 10.1016/j.ijsr.2014.07.015.
36. A comprehensive analysis of the SRS-Schwab Adult Spinal Deformity Classification and Confounding Variables: A Prospective, Non-US Cross-sectional Study in 292 patients / D.W. Hallager, L.V. Hansen, C.R. Dragsted, N. Peytz, M. Gehrchen, B. Dahl // *Spine.* 2016. Vol. 41, No 10. P. E589-E597. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001355.
37. Influence of pelvic incidence-lumbar lordosis mismatch on surgical outcomes of short-segment transforaminal lumbar interbody fusion / Y. Aoki, A. Nakajima, H. Takahashi, M. Sonobe, F. Terajima, M. Saito, K. Takahashi, S. Ohtori, A. Watanabe, T. Nakajima, M. Takazawa, S. Orita, Y. Eguchi, K. Nakagawa // *BMC. Musculoskelet. Disord.* 2015. Vol. 16. P. 213. DOI: 10.1186/s12891-015-0676-1.
38. Особенности сагиттальных позвоночно-тазовых взаимоотношений у пациентов с коксовертебральным синдромом / В.А. Аверкиев, А.Л. Кудяшев, В.А. Артюх, К.А. Надулич, А.В. Теремшонов, Е.Б. Нагорный // *Хирургия позвоночника.* 2012. № 4. С. 49-54.
39. How the spine differs in standing and in sitting – important considerations for correction of spinal deformity / H.W.D. Hey, A.Q. An Teo, K.-A. Tan, L.W.N. Ng, L.-L. Lau, K.-P.G. Liu, H.-K. Wong // *Spine J.* 2017. Vol. 17, No 6. P. 799-806. doi: 10.1016/j.spinee.2016.03.056.
40. Offierski C.M., MacNab I. Hip-spine syndrome // *Spine.* 1983. Vol. 8, No 3. P. 316-321. DOI: 10.1097/00007632-198304000-00014.

Рукопись поступила 23.12.2019

Сведения об авторах:

1. Котельников Александр Олегович,
ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России,
г. Курган, Россия,
Email: carpediem1992@mail.ru
2. Рябых Сергей Олегович, д. м. н.,
ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России,
г. Курган, Россия,
Email: rso_@mail.ru
3. Бурцев Александр Владимирович, д. м. н.,
ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России,
г. Курган, Россия,
Email: bav31rus@mail.ru

Information about the authors:

1. Alexander O. Kotelnikov, M.D.,
Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and
Orthopedics, Kurgan, Russian Federation,
Email: carpediem1992@mail.ru
2. Sergey O. Ryabikh, M.D., Ph.D.,
Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and
Orthopedics, Kurgan, Russian Federation,
Email: rso_@mail.ru
3. Alexander V. Burtsev, M.D., Ph.D.,
Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and
Orthopedics, Kurgan, Russian Federation,
Email: bav31rus@mail.ru