

## КЛИНИКО-РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЗВОНОЧНО-ТАЗОВЫХ СООТНОШЕНИЙ У ДЕТЕЙ С ДЦП

Новиков В.А., Умнов В.В., Умнов Д.В., Звозиль А.В., Жарков Д.С., Мустафаева А.Р., Виссарионов С.В.

*ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, e-mail: novikov.turner@gmail.com*

Несмотря на достаточное количество публикаций, посвященных лечению кифоза и гиперлордоза у детей с ДЦП, проблема этиологии, развития и, следовательно, профилактики этих состояний освещена недостаточно полно. Частота развития деформаций позвоночника в сагиттальной плоскости авторами не описывается, что можно объяснить отсутствием четких критериев нормы кифоза и лордоза у данной категории пациентов. Кроме того, отсутствует информация относительно позвоночно-тазовых соотношений у детей с ДЦП. С учетом вышеизложенного мы поставили целью в ходе проводимого исследования определить клинико-рентгенологические показатели сагиттального профиля позвоночно-тазового сегмента у пациентов с ДЦП. В исследование вошли 44 пациента с ДЦП (19 девочек и 25 мальчиков) в возрасте от 3 до 18 лет (средний возраст  $10,2 \pm 3,7$  года). Лучевое обследование позволило осуществить рентгенометрию показателей, характеризующих сагиттальный профиль позвоночника. Наше исследование показало сильную корреляционную связь между ориентацией крестца (SS) и (LT) поясничного отдела позвоночника, что подтверждает общепринятые теории формирования гиперлордоза у пациентов с ДЦП и, следовательно, позволяет разработать адекватные меры профилактики этого состояния. Отсутствие значимых различий среди показателей сагиттального профиля в основной и контрольной группе детей может говорить о возрастном развитии деформаций: чем дольше пациент живет и развивается в условиях пареза, тем больше будут отличаться его показатели от аналогичных параметров здорового человека. С учетом того, что пациентами основной и контрольной группы исследования были дети младшей школьной возрастной группы, то исследуемые показатели отличались незначительно. С одной стороны, это указывает на необходимость ранних вмешательств с целью предотвращения развития деформаций позвоночника в сагиттальной плоскости. С другой стороны, становится очевидной необходимость проведения дальнейших исследований с целью анализа влияния контрактур в суставах нижних конечностей на показатели сагиттального профиля позвоночного столба.

Ключевые слова: ДЦП, сагиттальный профиль, кифоз, лордоз.

## CLINICAL AND RADIOLOGICAL PARAMETERS OF SPINAL-PELVIC RATIOS IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY

Novikov V.A., Umnov V.V., Umnov D.V., Zvozil A.V., Zharkov D.S., Mustafaeva A.R., Vissarionov S.V.

*H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, e-mail: novikov.turner@gmail.com*

Despite a sufficient number of publications devoted to the treatment of kyphosis and hyperlordosis in children with cerebral palsy, the problem of the etiology, development and, therefore, prevention of these conditions is poorly covered. The frequency of development of spinal deformities in the sagittal plane is not given by the authors, which can be explained by the lack of clear criteria for the norm of kyphosis and lordosis in patients with cerebral palsy. There is also no information on pelvic-vertebral ratios. Therefore, we set the goal of the ongoing study to determine the clinical and radiological parameters of the sagittal profile of the vertebral-pelvic segment in patients with cerebral palsy. The study included 44 patients with cerebral palsy (19 girls and 25 boys) aged 3 to 18 years (mean age  $10.2 \pm 3.7$ ). Radiation examination made it possible to carry out radiometry of indicators characterizing the sagittal profile of the spine. Our study showed a strong correlation between the orientation of the sacrum (SS) and (LT) of the lumbar spine, which confirms the generally accepted theories of the formation of hyperlordosis in patients with cerebral palsy and, therefore, allows us to develop adequate preventive measures. The absence of significant differences among the indicators of the sagittal profile in the main and control groups may indicate the age-related development of deformities, the longer the patient lives and develops in conditions of paresis, the more his indicators will differ from a healthy person. Taking into account the fact that the patients of the main and control groups were of the younger school age group, the studied indicators differed slightly. On the one hand, this indicates the need for early interventions in order to

**prevent the development of postural disorders and subsequent sagittal deformities of the spine. On the other hand, it becomes obvious that further research is needed to analyze the effect of contractures in the joints of the lower extremities on the sagittal profile.**

---

Keywords: cerebral palsy, sagittal profile, kyphosis, lordosis.

Наиболее распространенной деформацией позвоночника у детей с ДЦП является сколиоз [1, 2]. К менее распространенным нарушениям тазово-позвоночных взаимоотношений относятся нарушения осанки и искривления позвоночного столба в сагиттальной плоскости: увеличение грудного кифоза и увеличение поясничного лордоза с инклинацией таза [3]. Установлено, что деформации позвоночника находятся в прямой зависимости от выраженности двигательных нарушений ребенка по шкале GMFCS [1].

Считается, что триггером развития кифотического искривления служит лабиринтно-тонический рефлекс новорожденных [4]. Именно это патологическое состояние обуславливает проявление связи между степенью тяжести двигательных нарушений, а следовательно, и длительностью существования позно-тонических реакций, с частотой формирования кифозов. В дальнейшем прогрессированию сагиттальных деформаций позвоночника способствуют следующие факторы: нарушение баланса между «разгибателями» и «сгибателями» позвоночника в пользу последних, преимущественно сидячий образ жизни и формирующиеся сгибательные контрактуры в коленных суставах. Первичная (за счет повышенного тонуса мышц задней поверхности бедра) или вторичная (за счет их укорочения) контрактура в коленных суставах приводит к наклону таза кзади, что обуславливает сглаживание поясничного лордоза и компенсаторное увеличение грудного кифоза. Очень часто именно по этой причине пациенты с ДЦП не могут сохранять положение сидя с полным разгибанием в коленных суставах, но при этом уверенно сидят с согнутыми ногами. Сгибание в коленных суставах в положении сидя приводит к ослаблению натяжения мышц задней поверхности бедра, и это оказывает обратный эффект на сагиттальный профиль позвоночника: наклоняет таз кпереди, усиливает поясничный лордоз и снижает выраженность грудного кифоза. Таким образом, формируется очевидная взаимосвязь между контрактурами в коленных суставах, положением таза и сагиттальным профилем позвоночного столба. Эта взаимосвязь была подтверждена нашим исследованием, проведенным в 2017 г. [5]. Полученные в результате данные выявили сильную корреляционную взаимосвязь степени сгибательного положения (или контрактуры) коленного сустава с величиной угла кифоза в грудном отделе и лордоза – в поясничном.

Как правило, мобильный кифоз становится заметен у детей с ДЦП уже в возрасте 5–7 лет, но впоследствии у пациентов II–III групп GMFCS он может уменьшаться, так как именно в этом возрасте они достигают своего пикового физического развития и у них появляется

мотивация к нахождению в вертикальном положении. Фиксированная кифотическая деформация позвоночника характерна уже для подросткового возраста.

Несмотря на то что частота встречаемости деформаций позвоночника в сагиттальной плоскости намного меньше, чем во фронтальной, нельзя недооценивать отрицательное влияние таких искривлений на состояние пациента.

Одним из основоположников изучения сагиттального баланса тела является J. Dubousset, который определил его как взаимоотношение кифоза и лордоза позвоночника, при котором под действием гравитационной нагрузки расходуется минимальное количество энергии для поддержания вертикальной позы [6]. Таким образом, любое нарушение сагиттального профиля позвоночного столба пациента затрудняет удержание вертикальной позы и снижает двигательные возможности ребенка.

Мобильные деформации позвоночника достаточно хорошо корригируются с помощью корсетов, а вот фиксированные искривления тяжелой степени подлежат уже только хирургической коррекции. Показаниями для оперативного лечения патологического кифоза или гиперлордоза могут служить невозможность комфортного сидения или наличие стойкого болевого синдрома.

Несмотря на значительное количество публикаций, посвященных лечению кифоза и гиперлордоза у детей с ДЦП, проблема этиологии, развития и, следовательно, профилактики этих состояний освещена недостаточно полно. Частота развития деформаций позвоночника в сагиттальной плоскости авторами не описывается, что можно объяснить отсутствием четких критериев нормы грудного кифоза и поясничного лордоза у пациентов с ДЦП. Кроме того, отсутствует информация по тазово-позвоночным соотношениям у данной категории пациентов. С учетом вышеизложенного в ходе проводимого исследования мы поставили целью определение клинико-рентгенологических показателей сагиттального профиля позвоночно-тазового сегмента у пациентов с ДЦП.

### **Материалы и методы исследования**

В исследование вошли 44 пациента с ДЦП (19 девочек и 25 мальчиков) в возрасте от 3 до 18 лет (средний возраст  $10,2 \pm 3,7$  года). В качестве критериев включения пациента в исследование мы определили:

- возраст пациента от 3 до 18 лет;
- возможность самостоятельно стоять у опоры или стоять без нее, что соответствовало I–III уровню GMFCS;
- наличие у пациента двухсторонней симметричной спастической формы ДЦП;
- отсутствие в анамнезе пациента хирургических вмешательств на нижних конечностях;

- отсутствие у пациента вывиха или подвывиха в тазобедренных суставах;
- отсутствие у пациента врожденных пороков развития позвоночника, сколиотической деформации позвоночника, болезни Шейермана–Мау, спондилолистеза.

Клинический осмотр пациента осуществляли по стандартной ортопедической схеме обследования. Лучевое обследование включало в себя рентгенографию тазобедренных суставов и позвоночника в прямой проекции с целью контроля стабильности тазобедренных суставов, исключения пороков развития и сколиотических деформаций позвоночника, а также боковую панорамную рентгенографию позвоночника с захватом от шейного отдела позвоночника до коленных суставов. Панорамную рентгенограмму выполняли в положении пациента стоя. Лучевое обследование позволило осуществить рентгенометрию показателей, характеризующих сагиттальный профиль позвоночного столба. Мы взяли за основу рентгенологические показатели, применяемые Mac-Thiong с соавторами в своей работе [7], так как данное исследование наибольшее из существующих по численности выборки (646 детей) среди здоровых детей, и мы решили использовать эти показатели в качестве контрольных значений.

Наклон таза (Pelvic incidence, PI), отклонение таза (Pelvis tilt, PT), наклон крестца (Sacral slope, SS) (рис. 1) определяли после обозначения центра верхней пластинки тела первого крестцового позвонка, центра обеих головок тазобедренных суставов. Грудной кифоз (ТК) и поясничный лордоз (LL) (рис. 2) соответствуют углам, формирующимся при пересечении линий, идущих от контрольных точек двух тангенциальных дуг грудного и поясничного отделов позвоночника.

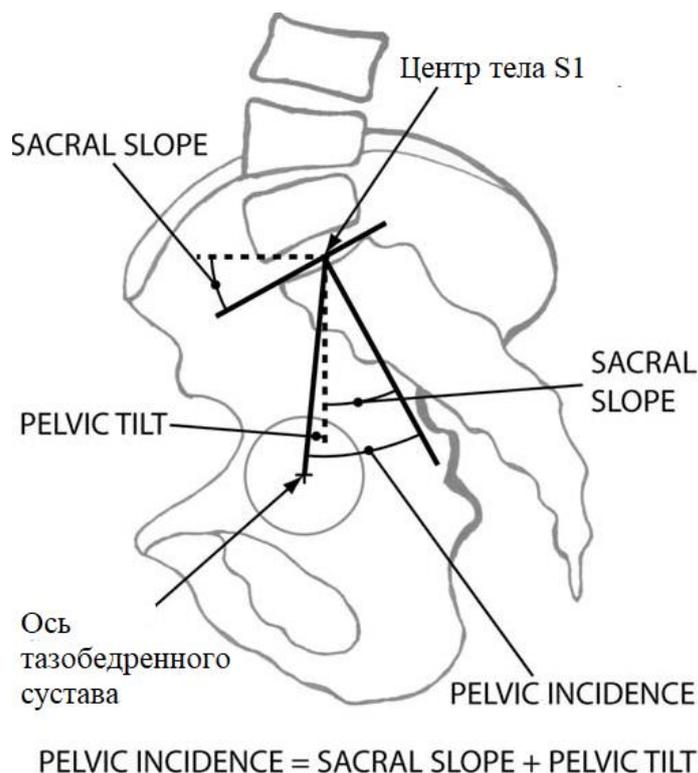


Рис. 1. Сагиттальные параметры таза, измеряемые на рентгенограмме в боковой проекции. Наклон таза (Pelvic incidence, PI) – это угол между перпендикуляром от центра верхней пластинки S1 и линией, соединяющей центр верхней пластинки S1 с осью тазобедренного сустава. Ось тазобедренного сустава определяется как центр головок бедра. Отклонение таза (Pelvis tilt, PT) – угол между вертикальной линией и линией, соединяющей центр верхней пластинки S1 с осью тазобедренного сустава. Наклон крестца (Sacral slope, SS) представлен углом между центром верхней пластинки S1 и горизонтальной линией. Наклон таза – это анатомический параметр, не зависящий от пространственной ориентации таза, геометрически равен сумме наклона крестца и отклонения таза

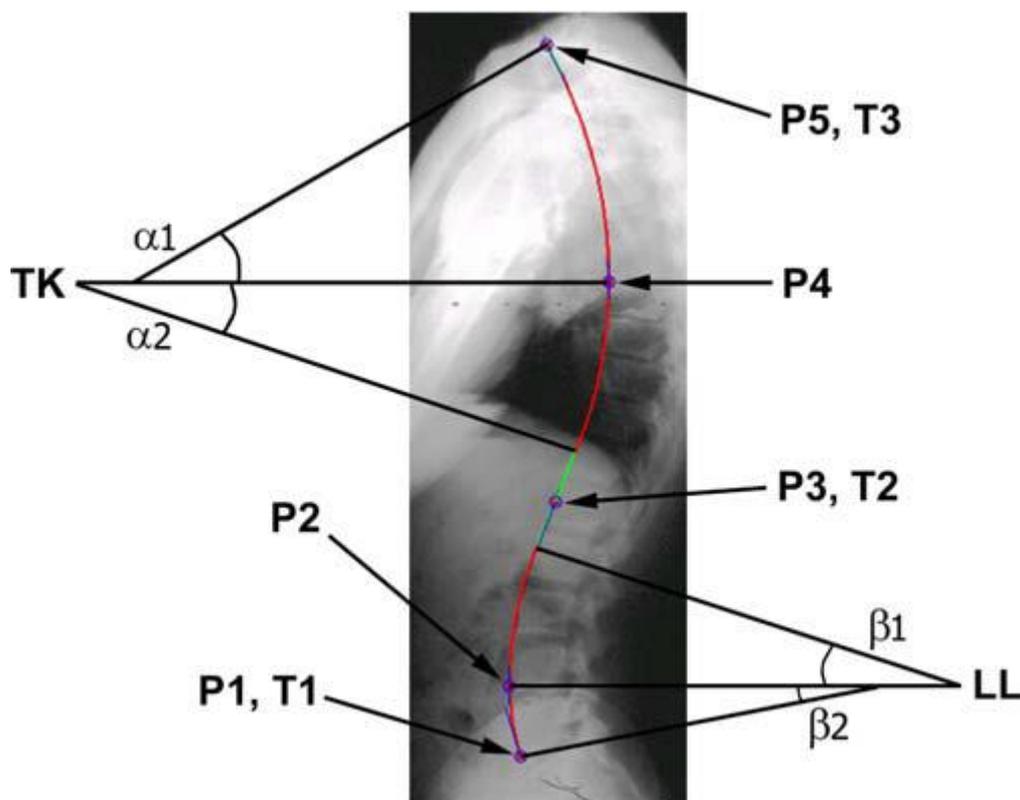


Рис. 2. Сагиттальные параметры позвоночника, измеряемые на боковой рентгенограмме. ТК – грудной кифоз, LL – поясничный лордоз. P1, P3, P5 – точки, соответствующие границам грудного и поясничного отделов позвоночника, P4, P2 – точки, соответствующие вершинам тангенциальных линий в грудном и поясничном отделах (T1, T2, T3) соответственно

Статистический анализ и визуализацию данных осуществляли с помощью программы SPSS Statistic v.23.0 (IBM, USA). Использовали методы описательной статистики и корреляционный анализ. Для количественных данных проводили оценку нормальности распределения с помощью критериев Колмогорова–Смирнова, Шапиро–Уилка, графической визуализации Q-Q plots. Для сравнения средних использовали одновыборочный критерий Стьюдента, критерий Манна–Уитни для 2 независимых выборок, корреляционный анализ с использованием коэффициента Пирсона. Статистически значимым считали уровень

вероятности ошибки первого рода менее 1% ( $p < 0,01$ ) в связи с использованием данного уровня значимости результатов в работе Mac-Thiong.

### Результаты исследования и их обсуждение

В таблице 1 представлены результаты измерений всех пациентов с разделением по полу. Значимых различий между показателями по полу нет, несмотря на увеличение среднего показателя отклонения таза у девочек на  $5,7^\circ$ .

Таблица 1

Сравнение показателей сагиттального профиля (среднее значение, стандартное отклонение, минимальное – максимальное значение) между мальчиками и девочками

Параметр	Все пациенты (n=44)	Мальчики (n=25)	Девочки (n=19)	P value
Возраст	10,25±3,7 (5–18 лет)	10,68±4 (5–18 лет)	9,68±3,3 (5–16 лет)	0,75
Pelvis incidence (PI)	42,4±12,1° (16–72)	41,8±11,4° (23,8–72)	43,3±13,2° (16–65,4)	0,882
Pelvis tilt (PT)	7,6±15,6° (–23,5–59,8)	5,2±14,8° (–23,5–33,9)	10,9±16,5° (–11,8–59,8)	0,42
Sacral slope (SS)	36,8±12,3° (–3,2–60,1)	36,6±13,8° (–3,2–60,1)	36,9±10,4° (9–52,4)	0,84
Thoracic kyphosis (TK)	35,7±12,6° (11,2–61,4)	34,7±12,4° (11,2–54,9)	36,9±13° (13,4–61,4)	0,538
Lumbar lordosis (LL)	44,2±19,3° (2,4–80,4)	42,8±21,8° (2,4–80,4)	45,9±15,9° (4,8–73,3)	0,713

- – статистически значимый показатель ( $p < 0,01$ )

В таблице 2 представлены сравнительные данные текущего исследования и работы Mac-Thiong. Показатели возраста, наклона таза и грудного кифоза значительно различаются в двух исследованиях. Наклон таза у детей с ДЦП на  $6,7^\circ$  меньше, а кифоз грудного отдела позвоночника на  $8,3^\circ$  больше, чем в нормальной популяции.

Таблица 2

Сравнительные результаты текущего исследования и исследования Mac-Thiong (среднее значение, стандартное отклонение, минимальное – максимальное значение)

Параметр	Текущее исследование	Работа Mac-Thiong	P value
Возраст	10,25±3,7 года	12,1±3,3 года	0,002*
Pelvis incidence (PI)	42,4±12,1°(16–72)	49,1±11°(22,3–86)	0,001*
Pelvis tilt (PT)	7,6±15,6°(-23,5–59,8)	7,7±8°(-17,3–30)	0,995
Sacral slope (SS)	36,8±12,3°(-3,2–60,1)	41,4±8,2°(16,1–70,3)	0,017
Thoracic kyphosis (TK)	35,7±12,6°(11,2–61,4)	44±10,9°(5,4–76,4)	<0,001*
Lumbar lordosis (LL)	44,2±19,3°(2,4–80,4)	48±11,7°(15,1–101,4)	0,203

- – статистически значимый показатель (p<0,01)

Результаты корреляционного анализа между показателями сагиттального профиля позвоночника и таза, а также возраста детей у мальчиков и девочек не продемонстрировали значимой статистической связи.

Значимая сильная ( $r>0,5$ ) положительная статистическая связь прослеживалась между SS и LL, умеренная ( $r<0,5$ ) отрицательная – между показателями SS и PT (табл. 3, рис. 3, 4).

Таблица 3

Результаты корреляционного анализа по методу Пирсона между показателями сагиттального профиля позвоночника и таза (p-value)

Параметр	Pelvis tilt (PT)	Sacral slope (SS)	Thoracic kyphosis (TK)	Lumbar lordosis (LL)
Pelvis incidence (PI)	0,246 (p=0,107)	0,309 (p=0,042)	0,120 (p=0,438)	0,428 (p=0,004)
Pelvis tilt (PT)		-0,477 (p=0,001) *	0,180(P=0,242)	-0,287 (p=0,059)
Sacral slope (SS)			-0,137 (p=0,375)	0,766 (p<0,001) *

Thoracic kyphosis (TK)				0,363 (p=0,016)
------------------------	--	--	--	--------------------

- – статистически значимый показатель (p<0,01)

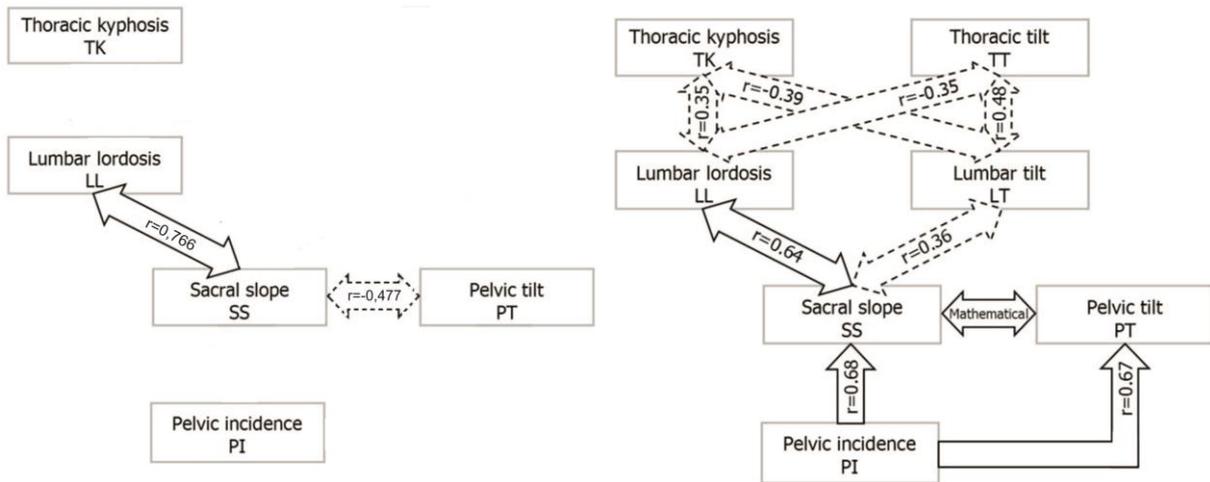
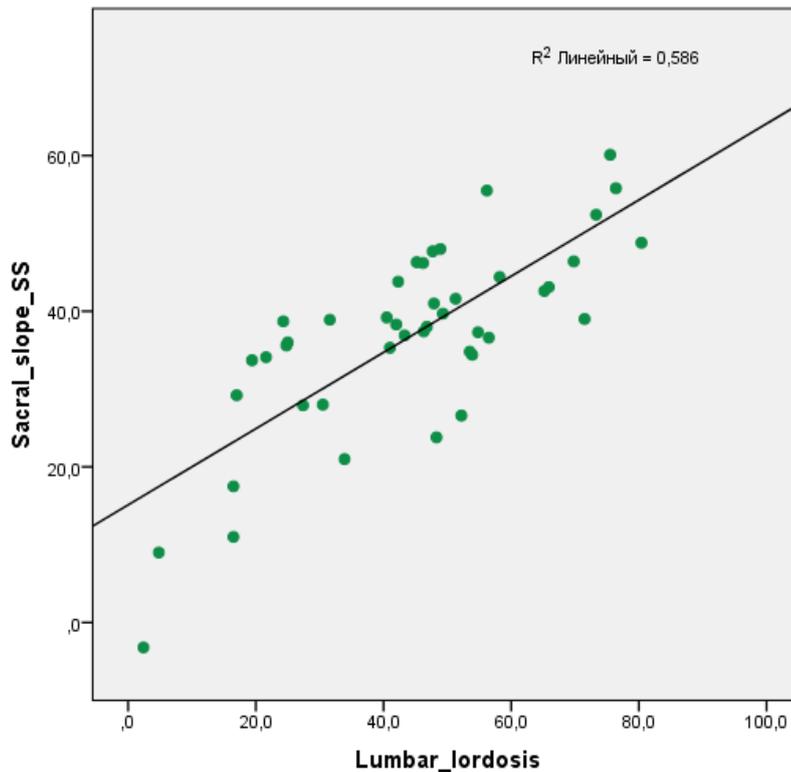


Рис. 3. Визуализация результатов корреляционного анализа текущего исследования (слева) и исследования Mac-Thiong (справа). Стрелки со сплошной линией демонстрируют сильную корреляционную связь ( $r > 0,5$ ), пунктирной линией – умеренную корреляционную связь ( $0,3 < r < 0,5$ ). Слабая корреляционная связь не изображена на рисунке



*Рис. 4. Диаграмма, демонстрирующая связь между показателями наклона крестца (Sacral slope) и лордоза поясничного отдела позвоночника (Lumbar lordosis)*

У здоровых детей, согласно данным, визуализированным Mac-Thiong, на рисунке 3 присутствует взаимосвязь различного уровня между всеми сагиттальными параметрами. В целом это ожидаемая и объяснимая картина, так как изменение формы или ориентации любого из структурных элементов сагиттального баланса туловища будет влиять на соседние анатомические области и сегменты. У пациентов с церебральным параличом ситуация радикально отличается. Нами выявлено только то, что ориентация крестца (SS) имеет сильную корреляционную связь с ориентацией (LT) поясничного отдела позвоночника. Кроме этого, присутствует слабая статистическая корреляционная связь между параметрами ориентации таза SS и PT. Эти показатели связаны между собой по формуле J. Legaye ( $PI = PT + SS$ ), и, поскольку каждый человек имеет постоянную форму таза (PI), корреляция между SS и PT теоретически всегда должна присутствовать на математическом уровне.

Несмотря на наличие взаимосвязи между всеми показателями сагиттального баланса у здоровых детей в работе Mac-Thiong, сильной она является только на уровне тазового и поясничного отделов. Между поясничным и грудным отделами корреляционная связь умеренная, а у пациентов с ДЦП в нашем исследовании взаимосвязь между показателями поясничного и грудного отдела полностью отсутствует. Скорее всего, исходя из субъективного анализа взаимовлияния сегментов сагиттального баланса друг на друга, можно предположить выявление корреляционной связи между шейным и грудным отделами позвоночника с целью обеспечения удержания положения головы пациента над тазом для сохранения глобального баланса. Для подтверждения или опровержения данной теории необходимо расширить рентгенологическое исследование на уровне шейного отдела позвоночника. Классическая работа Mac-Thiong также имеет этот недостаток, о чем и сообщают авторы исследования. Кроме шейных индексов сагиттального баланса, мы считаем необходимым дополнительно учесть отсутствие или наличие контрактур в тазобедренных и коленных суставах, а при их наличии оценить еще и степень их выраженности. В таком случае возможно выявление дополнительного звена влияния на баланс туловища, который в качестве спутанной переменной может связать коленный сустав с кифозом.

В исследовании, проведенном в 2013 г., S.W. Suh с соавторами [8] тоже приводят сравнение рентгенологических показателей сагиттального профиля у пациентов с ДЦП и у здоровых людей. Несмотря на то что в этой работе авторы выделяют две группы пациентов с ДЦП (со сколиозом и без него), основным отличием данного исследования от нашего

является средний возраст пациентов. В нашей работе средний возраст детей составляет  $10,25 \pm 3,7$  года, в работе Mac-Thiong –  $12,1 \pm 3,3$  года, а у S.W. Suh средний возраст пациентов в группе с ДЦП составил 28,1 года (13–47 лет). С учетом прогрессирующего характера изменений сагиттального профиля, в первую очередь лордоза (LL) и кифоза (TK), а также контрактур нижних конечностей вполне закономерно рассчитывать на увеличение данных показателей в каждой из работ с учетом возраста пациентов. Эти изменения мы и наблюдаем: значения TK и LL в нашем исследовании были наименьшие из всех трех описанных выше работ. Считается, что пик прогрессирования деформаций позвоночника приходится на период полового созревания, но средний возраст пациентов в нашем исследовании оказался ниже этой границы, что тоже могло оказать свое влияние на полученные данные. С целью проведения адекватного сравнительного анализа необходимо формирование однородных возрастных выборок пациентов.

В своем исследовании S.W. Suh с соавторами, так же как и мы, получили сильную корреляционную взаимосвязь между тазовыми сагиттальными показателями и величиной показателей поясничного лордоза. Авторы статьи в вопросе взаимосвязи этих показателей не видят различий среди пациентов основной и контрольной группы, ссылаясь на работы R. Jackson [9], который описывает такое состояние у здоровых пациентов как «pelvic lordosis» («тазовый лордоз»), и приходят к выводу, что изменения сагиттального профиля позвоночника напрямую взаимосвязаны или с положением таза, или его формой. По данным S.W. Suh, изменения сагиттального профиля у пациентов с ДЦП встречаются чаще, чем в основной популяции, и это может быть связано с проблемами функционирования мышц в условиях паралича. В этом исследовании, как и в нашей работе, форма таза, которую характеризует показатель PI, у пациентов с ДЦП значимо не отличается от популяционных показателей. К такому же выводу пришел и J. Deseuninck [10] в своей статье. Однако J. Deseuninck сообщает, что, несмотря на одинаковые показатели бинарного PI, углы, его составляющие (PT+SS), могут быть различны в разных группах. В его работе и в исследовании S.W. Suh угол SS в группе пациентов с ДЦП был выше, а PT – ниже, что свидетельствует о смещении крестца в горизонтальное положение и отклонении тазобедренного сустава кзади. Авторы видят в этом положении таза основную причину формирования компенсаторного лордоза. Косвенно это подтверждается еще и тем, что в двух основных группах данного исследования (со сколиозом и без сколиоза) некоторые параметры аналогичны. Следовательно, нарушение фронтального профиля позвоночника не является основным фактором, определяющим нарушение сагиттального баланса туловища. Однако было обнаружено, что PI и LL имеют некоторые отличия у пациентов со сколиозом и без него. Оказалось, что пациенты ДЦП с более высокими показателями PI более склонны к

формированию сколиоза, и в таком случае последний может считаться вторичным отягощающим фактором, повышающим LL.

Теоретически анализ углов, составляющих PI, а главное – оценка их динамики на фоне роста и наличия или отсутствия контрактур в тазобедренных и коленных суставах – должны позволить решить вопрос о причине наблюдаемого различия SS и PT у пациентов с ДЦП и у здоровых детей: связаны ли эти различия с укорочением мышц – сгибателей бедра (подвздошно-поясничная мышца, субспинальные мышцы) или, наоборот, обусловлены слабостью разгибателей бедра (большая ягодичная мышца)?

### **Выводы**

Таким образом, наше исследование показало сильную корреляционную связь между ориентацией крестца (SS) и (LT) поясничного отдела позвоночника, что подтверждает общепринятые теории формирования гиперлордоза у пациентов с ДЦП и, следовательно, позволяет разработать адекватные меры профилактики этих нарушений. Отсутствие значимых различий среди показателей сагиттального профиля в основной и контрольной группе может говорить о возрастном формировании деформаций: чем дольше живет и развивается пациент в условиях пареза, тем больше будут отличаться его показатели от аналогичных параметров здорового человека. С учетом того, что больные основной и контрольной группы относились к младшему школьному возрасту, исследуемые показатели отличались незначительно. С одной стороны, это указывает на необходимость выполнения ранних вмешательств с целью предотвращения развития нарушения осанки и последующих сагиттальных деформаций позвоночника. С другой стороны, становится очевидной необходимость проведения дальнейших исследований с целью анализа влияния контрактур в суставах нижних конечностей на показатели сагиттального профиля.

Наша научная работа имела следующие ограничения: не осуществлялся анализ рентгенологических показателей шейного отдела позвоночника, отсутствует подростковая возрастная группа пациентов.

*Законные представители пациентов дали письменное информированное согласие на публикацию клинических наблюдений и фотоматериалов.*

### **Список литературы**

1. Persson-Bunke M., Hagglund G., Lauge-Pedersen H. et al. Scoliosis in a total population of children with cerebral palsy. Spine (Phila Pa 1976). 2012. vol. 37. no. 12. P. 708-713.
2. Graham H.K., Rosenbaum P., Paneth N., Dan B., Lin JP., Damiano D.L., Becher J.G., Gaebler-Spira D., Colver A., Reddihough D.S., Crompton K.E., Lieber R.L. Cerebral palsy. Nat

Rev Dis Primers. 2016. vol. 7. no. 2.

3. Lee S.Y., Chung C.Y., Lee K.M., Kwon S.S., Cho K.J., Park M.S. Annual changes in radiographic indices of the spine in cerebral palsy patients. *Eur Spine J.* 2016. vol. 25 no. 3. P. 679–686.
4. Putzier M., Gross C., Zahn R.K. et al. Characteristics of neuromuscular scoliosis. *Orthopade.* 2016. vol. 45. no. 6. P. 500-508.
5. Умнов В.В., Умнов Д.В., Новиков В.А., Кононова Е.Л., Винокурова Т.С., Александрова Н.М. Взаимосвязь между рентгенологическими, биомеханическими и электрофизиологическими параметрами у больных ДЦП с нарушением сагиттального профиля позвоночника // *Детская и подростковая реабилитация.* 2017. № 4 (32). С. 9-14.
6. Dubousset J., Challier V., Farcy J.P., Schwab F.J., Lafage V. In: *Global Spinal Alignment: Principles, Pathologies, and Procedures* / Eds. R.W. Haid, F.J. Schwab, C.I. Shaffrey, J.A. Youssef. Spinal alignment versus spinal balance. MO: Quality Medical Publishing, 2014. P. 3-9.
7. Mac-Thiong J.-M., Labelle H., Berthonnaud E., Betz R.R., Roussouly P. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents. *Eur. spine J.* 2007. vol. 16. no. 2. P. 227–234.
8. Suh S.W., Suh D.H. Analysis of sagittal spinopelvic parameters in cerebral palsy. *Clinical study. Spine J.* 2013. vol. 13. no. 8. P. 882-888.
9. Jackson R.P., Kanemura T., Kawakami N. Lumbopelvic lordosis and pelvic balance on repeated standing lateral radiographs of adult volunteers and untreated patients with constant low back pain. *Spine* 2000. vol. 25. P. 575-586.
10. Deceuninck J., Bernard J.C., Combey A., Leroy-Coudeville S., Morel E., Loustalet E., Chaleat-Valayer E., Berthonnaud E. Sagittal X-ray parameters in walking or ambulating children with cerebral palsy. *Ann Phys Rehabil Med.* 2013. vol. 56. no. 2. P. 123-133.