

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЗВОНОЧНО-ТАЗОВОГО БАЛАНСА У ДЕТЕЙ С ВРОЖДЕННЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА

Хусаинов Н.О.¹, Хардииков М.А.¹, Виссарионов С.В.¹, Кокушин Д.Н.¹, Филиппова А.Н.¹

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Пушкин, e-mail: nikita_husainov@mail.ru

Невозможно переоценить важность учета баланса позвоночника в сагиттальной плоскости для функции поддержания положения в пространстве и локомоции человека. Подробно описан в литературе так называемый hip-spine синдром, а также зависимость рисков рецидива заболеваний тазобедренного сустава у детей после проведения хирургических вмешательств без учета параметров сагиттального баланса. Касательно обратной ситуации среди пациентов с врожденной патологией позвоночного столба: фактически отсутствуют ретро- или проспективно собранные данные, освещающие особенности баланса позвоночника и таза у пациентов данной категории. Вероятно, это связано с низкой частотой встречаемости данного заболевания и трудностями визуализации. Длительное существование деформации в процессе роста ребенка может влиять на развитие и эволюцию пельвиосакральных параметров, а проведенное вмешательство непредсказуемо повлиять на установившийся паттерн, что, несомненно, требует изучения. В работе проведен анализ влияния выбранного варианта доступа для выполнения хирургической коррекции врожденной деформации позвоночника у детей на показатели баланса позвоночника и таза. Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что пациенты, оперированные из дорсального доступа по поводу наличия аномалии развития грудного и поясничного отделов позвоночника, в отдаленном периоде наблюдения имели тенденцию к снижению величины поясничного кифоза, угла наклона таза кпереди. Среди пациентов, оперированных из комбинированного доступа, в процессе наблюдения отмечали формирование предпосылок для оптимального восстановления биомеханической модели позвоночника и эргономичного привычного положения туловища в пространстве.

Ключевые слова: сагиттальный баланс, дети, сколиоз, деформация позвоночника.

Работа проведена в рамках выполнения Государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации.

EVALUATION OF SPINOPELVIC PARAMETERES IN CHILDREN WITH CONGENITAL SPINE DEFORMITIES

Khusainov N.O.¹, Khardikov M.A.¹, Vissarionov S.V.¹, Kokushin D.N.¹, Filippova A.N.¹

¹FSBI «H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery» of Ministry of Health of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, e-mail: nikita_husainov@mail.ru

It is impossible to ignore an importance of spine balance for function of restoring upright position and locomotion. "Hip-spine" syndrome had been recently well-described and the connection between risks of recurrence after surgical reconstruction of the hip joint ignoring parameters of sagittal balance. Concerning the situation of patients with congenital spine deformities one must say that there is literally absence of retro- or prospective data revealing spine and pelvis parameters in these patients. Probably it is dedicated by the fact of low incidence of the disease and difficulties in evaluation. Longstanding effect of the deformity in growing patient may influence on the development end evolution of spine-pelvic parameters and surgical correction may have an unpredictable effect on established pattern which necessitates investigation. In present study an analysis of influence of chosen type of surgical approach to correct congenital deformity on spine and pelvis balance was performed. Results of current study showed that patients surgically treated using dorsal only approach due to congenital anomaly either thoracic or lumbar region had a tendency to decrease both thoracic kyphosis and lumbar lordosis in long-term follow-up. Amongst patients surgically treated through combined approach it was noted that conditions for optimal restoration of biomechanical model of the spine were created both as for ergonomic posture.

Keywords: sagittal balance, children, scoliosis, spine deformity.

The work was carried out as part of the implementation of the State task of the Ministry of Health of the Russian Federation.

Невозможно переоценить важность учета баланса позвоночника в сагиттальной плоскости для функции поддержания положения в пространстве и локомоции человека. Жан Дюбуассе ввел понятие «тазового позвонка», а также описал биомеханический принцип «конуса экономии» - зоны в пространстве, находясь в которой человек практически не затрачивает усилий для его поддержания. Помимо мышечных тяг, данный механизм реализуется за счет присущих каждому человеку индивидуальных угловых параметров позвоночника и таза, а также их взаимоотношений [1; 2]. В начале XXI века появились описательные работы, в которых более подробно освещали биомеханические особенности позвоночника, центра массы тела, сагиттальной вертикальной оси и ее положения относительно таза, крестца и тазобедренных суставов. Бертоне с соавторами предложили концепцию линейной цепи, соединяющей голову, позвоночник и таз таким образом, что каждый из элементов оказывает взаимообратное влияние на все остальные [3]. Суть данной модели в том, что в ответ на изменения со стороны любого сегмента неизбежно происходят компенсаторные изменения со стороны всех остальных для сохранения баланса туловища. Таким образом, невозможно рассматривать тазобедренный сустав и позвоночный столб в отдельности. Подробно описан в литературе так называемый hip-spine синдром, а также зависимость рисков рецидива заболеваний тазобедренного сустава у детей после проведения хирургических вмешательств без учета параметров сагиттального баланса [4; 5]. В том числе подобную информацию приводят в русскоязычной литературе авторы, планирующие выполнение реконструктивных вмешательств на тазобедренном суставе у пациентов детского возраста с учетом позвоночно-тазовых соотношений. Однако отмечено, что дифф. диагностика данных патологических состояний очень затруднительна в связи с тесной связью в аспектах биомеханики [6].

Касательно обратной ситуации среди пациентов с врожденной патологией позвоночного столба: фактически отсутствуют ретро- или проспективно собранные данные, освещающие особенности баланса позвоночника и таза у пациентов данной категории. Вероятно, это связано с низкой частотой встречаемости данного заболевания и трудностями визуализации. Длительное существование деформации в процессе роста ребенка может влиять на развитие и эволюцию пельвиосакральных параметров, а проведенное вмешательство непредсказуемо повлиять на установившийся паттерн, что, несомненно, требует изучения.

Цель исследования – анализ влияния выбранного варианта доступа для выполнения хирургической коррекции врожденной деформации позвоночника у детей на показатели баланса позвоночника и таза.

Материалы и методы исследования. Материалом для проведения исследования послужили данные историй болезни и лучевые данные 121 пациента детского возраста с

врожденной деформацией позвоночника на фоне аномалии его развития, которые проходили обследование и получали хирургическое лечение в отделении патологии позвоночника и нейрохирургии «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России. Критериями включения являлись: детский возраст, наличие изолированного порока развития в виде заднебокового полупозвонка в грудном или поясничном отделе, отсутствие патологии со стороны нижних конечностей, отсутствие ранее выполненных оперативных вмешательств. Формирование групп исследования для сравнения осуществляли по принципу выбора подхода для удаления полупозвонка. Позднее каждую группу разбили на подгруппы в зависимости от локализации аномально развитого сегмента (грудной или поясничной отделы). Пациентам 1-й группы весь объем оперативного вмешательства, включавшего экстирпацию, установку металлоконструкции и спондилодез, выполняли только из заднего доступа. Вентральный спондилодез достигался при помощи тщательного кюретажа дисков и плотного контакта «кость - кость». Группа по численности составила 45 человек. Для сравнения отобрали 76 пациентов 2-й группы, у которых весь объем вмешательства выполняли из комбинированного (торакотомического или люмботомического) доступа. В данной ситуации вентральный спондилодез выполняли под контролем зрения путем имплантации в межтеловой промежуток фрагмента кости (ауторебро).

На этапах до проведения вмешательства, а также непосредственно после и в отдаленном периоде оценивали показатели сагиттального баланса: как общеизвестные (грудной кифоз, поясничный лордоз), так и специфические параметры, характеризующие глобальный баланс туловища (сагиттальная вертикальная ось) и пельвиосакральную морфологию (угол наклона таза, угол наклона замыкательной пластинки крестца, тазовый индекс). Для сравнения с нормальными значениями использовали данные, полученные Хесарикиа с соавторами на примере обследования здоровых детей (табл. 1).

Достоверность полученных данных оценивали при помощи непараметрических методов статистики. Нормальность распределения выборки определяли при помощи теста Колмогорова - Смирнова. Для сравнения различий использовали t-критерий Стьюдента. Статистически достоверными считали различия при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. После проведения анализа данных рентгенографии было установлено, что показатель отклонения С-В оси являлся нормальным, в среднем, и был положительным до выполнения вмешательства у всех оперированных пациентов.

При сравнении с данными показателей величины грудного кифоза у здоровых людей схожего возраста продемонстрировано, что данные значения у пациентов обеих групп были статистически значимо выше ($p < 0,05$). Кроме того, установлено, что имевший место

компенсаторный гиполордоз превышал по величине нормальные значения, характерные для здоровых детей того же возраста – по всей видимости, это было обусловлено наличием локального гиперкифоза на фоне наличия аномалии развития позвонка с целью поддержания глобального баланса.

Выявленные особенности параметров баланса позвоночника и таза позволяют утверждать об изменении профиля осанки у пациентов с аномалиями развития грудного отдела позвоночника и сопутствующей деформацией по типу Руссоли 1, что характеризуется изменением угла наклона таза в пользу уменьшения, сопутствующим снижением величины поясничного лордоза на фоне наличия локального сегмента гиперкифозирования – данный тип расценен как компенсаторный механизм, направленный на сохранение нормального баланса туловища.

Также было отмечено, что у пациентов с аномалией развития поясничного отдела позвоночника на фоне имело место снижение величины грудного кифоза как компенсаторная реакция на развивающееся по мере роста статистически достоверно значимое ($p < 0.05$) уменьшение величины поясничного лордоза в связи с наличием локальной кифотической деформации, обусловленной продолженным ростом дорсальных структур полупозвонка. Установленные изменения показателей угла поясничного лордоза и тазового индекса в данной группе пациентов свидетельствуют о значимом нарушении баланса позвоночного столба в силу серьезного изменения поясничного лордоза, приводящего к превышению “P1-LLmismatch” более чем на 10 градусов. Полученные значения параметров, оценивающих позвоночный столб пациентов с аномалией развития поясничного отдела позвоночника, характеризуют тип привычного положения тела в пространстве, как 2 по Руссоли. Приведенные в тексте данные обобщены в таблице 1 для сравнения со значениями параметров, характеризующих нормальные пельвиосакральные и позвоночные параметры у здоровых детей.

Таблица 1

Предоперационные значения основных измеряемых параметров

	Уровень и зона аномалии развития				Данные о нормальных значениях в популяции, приведенные Н. Hesarikia с соавт. (2018), n=98
	Th1-Th12		L1-L5		
	Группа 1, n=16	Группа 2, n=29	Группа 1, n=13	Группа 2, n=39	
Отклонение	9.3±5.2	12.2±5.5	28.7±5.3	27.2±5.8	

С-В оси, мм					
Гр. кифоз, град.	57.3±3.4 (p < 0.05)	59.9±2.6 (p < 0.05)	37.1±2.2	30.0±3.8 (p < 0.05)	37.1±9.9
Люмб. лордоз, град.	22.1±3.5	27.1±1.8	13.9±2.9	12.4±2.8	39.6±12.4
Тазовый индекс, град.	30.8±2.8	31.3±1.9	27.0±1.0	28.4±2.6	45.4±10.7
Угол наклона таза, град.	5.9±2.3 (p < 0.05)	5.5±1.9 (p < 0.05)	12.4±2.1	18.8±0.9	10.3±3.5
Угол наклона крестца, град.	16.7±2.3 (p < 0.05)	19.0±1.1 (p < 0.05)	13.2±2.1 (p < 0.05)	11.9±2.4 (p < 0.05)	35.4±8.1

Пельвиосакральные параметры анализировали повторно вышеописанным методом среди пациентов обеих групп уже после проведения оперативного лечения – выборка составлялась на основании возраста (ранний, школьный и подростковый).

Определено, что непосредственно после выполнения хирургического вмешательства показатели отклонения С-В оси были нормальными, но изменили свое значение, став отрицательными. Данные изменения носили транзиторный характер – по мере наблюдения отмечено, что С-В ось смещалась кпереди, формировался паттерн, характерный для дооперационного состояния – по всей видимости, выявленные изменения обусловлены наличием болевого синдрома. Исключение составляли дети, у которых баланс позвоночника был нормальным без отклонения С-В оси кзади и непосредственно после оперативного лечения, и в отдаленном наблюдении - пациенты с наличием аномалии развития поясничного отдела.

В раннем послеоперационном периоде, а также в процессе наблюдения за пациентами, оперированными по поводу наличия аномалии развития грудного отдела позвоночника, отмечено, что значения величины кифоза грудного отдела соответствовали норме. Кроме того, наблюдали изменение величины лордоза поясничного отдела позвоночника до 12.1 градуса (± 1.1) в раннем периоде после операции, сменившееся на статистически значимую величину 13.5 градусов (± 1.4) в процессе длительного наблюдения. Статистически достоверно изменялись значения и таких параметров, как углы наклона крестца и таза: соответственно в раннем послеоперационном периоде они составили в среднем 17.1 и 2.6 градуса, а при оценке в отдаленном периоде 16.8 и 2.9 градуса (p < 0.05). Для определения корреляционной

зависимости проведена оценка силы связи показателей разницы грудного кифоза и поясничного лордоза, а также значений тазового индекса и угла наклона крестца. Установлено, что сила корреляционной связи являлась малой, а выявляемые изменения показателей пельвиосакральных параметров характерны для формирования привычного положения туловища 1 типа по Руссоли и заключаются в изменении исходно существующих углов лордоза поясничного отдела позвоночника и угла наклона таза кпереди.

Результаты хирургической коррекции из дорсального доступа при наличии аномалии развития поясничного отдела позвоночника демонстрируют, что величина кифоза грудного отдела позвоночника и лордоза поясничного отдела, как в раннем послеоперационном периоде, так и в процессе оценки отдаленных результатов, оставалась стабильной, но при этом отличалась от нормальной с тенденцией к уменьшению, что являлось статистически значимым ($p < 0.05$). То же относится и к параметрам пельвиосакральной характеристики, а именно углу наклона таза и тазового индекса: стабильное течение в процессе длительного наблюдения со значительным уменьшением в сравнении с данными предоперационного обследования: 16.9 градуса в среднем для PI и 2.4 градуса в среднем для PT. Стоит отметить, что данные значения существенно отличались от значений пациентов, оперированных из комбинированного доступа, а также от значений в здоровой популяции ($p < 0.05$).

Оценка связи корреляции продемонстрировала, что существует достаточно выраженная зависимость между значениями тазового индекса и величиной наклона крестцовой пластинки, но при этом значения величины кифоза грудного отдела и лордоза поясничного отдела, а также лордоза поясничного отдела и угла наклона крестцовой пластинки имеют прямую зависимость, но связь ее слабая (0.39). Отмечали формирование компенсаторных механизмов в виде развития гипокифоза грудного отдела, а также снижения угла наклона таза кпереди путем вертикализации крестца среди оперированных пациентов. При оценке в долгосрочной перспективе выяснили, что сочетание описанного варианта пельвиосакральных соотношений в совокупности с изменениями со стороны позвоночного столба являлось базой для формирования привычного положения тела в пространстве типа 2 по Руссоли.

Не было отмечено различий между величиной кифоза грудного отдела позвоночника и поясничного лордоза между оперированной группой детей и здоровой популяцией. После проведения экстирпации полупозвонка из комбинированного доступа при определении величины кифоза грудного отдела получены значения 36.2 градуса (± 0.8) непосредственно после операции, а при долгосрочном наблюдении 35.9 градуса (± 0.2). В том случае, когда аномально развитый сегмент располагался в пояснице, величина грудного кифоза и поясничного лордоза не менялась значимо при проведении сравнения в раннем и позднем

послеоперационном периодах и находилась в пределах нормальных значений. Сравнительный анализ полученных данных с данными обследования популяции не выявил статистически достоверных различий. То же относилось к фиксированным особенностям пельвиосакральных параметров пациентов, оперированных из комбинированного доступа: в случае, когда аномалия развития затрагивала грудной отдел, значения угла наклона крестцовой пластинки, тазового индекса, наклона таза составили 17.9, 30.0 и 5.1 градуса соответственно; при этом при наличии аномалии развития поясничной локализации данные показатели составили 29.5, 27.3 и 5.2 градуса.

Анализ данных параметров в отдаленном периоде также не продемонстрировал существенных отличий оперированной группы пациентов и представителей популяции. Основные показатели пельвиосакральных параметров, такие как угол наклона крестцовой пластинки, таза, а также тазовый индекс, практически не отличались среди пациентов, которым выполняли вмешательства в грудном и поясничном отделах. Традиционно проводимая оценка степени связи корреляции значений параметров продемонстрировала, что существует реверсивная связь между значениями кифоза грудного отдела и поясничного отдела, но сила этой зависимости низкая. Но при этом корреляции между значениями основных пельвиосакральных параметров, таких как величина лордоза - угол наклона крестцовой пластинки, тазовый индекс, их соотношения, характеризовались достаточно высокой степенью связи. О создании оптимальных параметров позвоночника и таза у детей с аномалией развития поясничного отдела свидетельствует получение высокого уровня значений корреляционной связи (0.92) между лордозом поясничного отдела и углом наклона крестца, а также тазового индекса.

Приведенные выше данные суммированы в таблице 2 для объективизации результатов проведенного лечения и обследования.

Таблица 2

Результаты обследования после выполненных вмешательств

	Уровень и зона аномалии развития				Данные о нормальных значениях в популяции, приведенные Н. Hesarikia с соавт. (2018), n=98
	Th1 – Th12		L1-L5		
	Группа 1, n=16	Группа 2, n=29	Группа 1, n=13	Группа 2, n=39	
Отклонение С-В оси, мм	-18.4±8.8	-4.7±5.9	12.3±3.8	-5.7±5.1	

Гр. кифоз, град.	27.8±1.5 (p < 0.05)	36.2±1.4	23.5±0.9	38.3±1.4	37.1±9.9
Люмб. лордоз, град.	12.1±1.5 (p < 0.05)	28.5±1.0	15.3±0.8 (p < 0.05)	29.9±1.7	39.6±12.4
Тазовый индекс, град.	17.1±3.8 (p < 0.05)	30.0±0.7	16.1±1.4 (p < 0.05)	27.3±1.7	45.4±10.7
Угол наклона таза, град.	2.6±0.2 (p < 0.05)	5.1±0.8 (p < 0.05)	2.1±0.9 (p < 0.05)	5.2±0.1 (p < 0.05)	10.3±3.5
Угол наклона крестца, град.	18.1±1.5 (p < 0.05)	17.9±0.8 (p < 0.05)	17.1±1.6 (p < 0.05)	29.5±1.4	35.4±8.1

Выполненные вмешательства из комбинированного доступа у пациентов с аномалиями развития грудного и поясничного отделов позволяли обеспечить условия для формирования привычного положения туловища в пространстве 3 типа по Руссоли, восстановить оптимальные соотношения между позвоночником и тазобедренными суставами, создать предпосылки для профилактики развития и прогрессирования спондилеза в будущем. Бертоне и соавторы описали биомеханическую модель соотношения различных звеньев позвоночника, таза и нижних конечностей, особенностью которой является взаимное влияние каждого из звеньев друг на друга для поддержания оптимальной позы и сохранения эргономики.

Выводы. Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что пациенты, оперированные из дорсального доступа по поводу наличия аномалии развития грудного и поясничного отделов позвоночника, в отдаленном периоде наблюдения имели тенденцию к снижению величины поясничного кифоза, угла наклона таза кпереди. Среди пациентов, оперированных из комбинированного доступа, в процессе наблюдения отмечали формирование предпосылок для оптимального восстановления биомеханической модели позвоночника и эргономичного привычного положения туловища в пространстве.

Список литературы

1. Бурцев А.В., Рябых С.О., Котельников А.О., Губин А.В. Клинические аспекты сагиттального баланса у взрослых // Гений Ортопедии. 2017. Т. 23, № 2. С. 32-37.
2. Хусаинов Н.О., Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Хальчицкий С.Е. Концепция сагиттального баланса у пациентов детского возраста с заболеваниями позвоночника // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 2. [Электронный ресурс]. URL:

<https://science-education.ru/ru/article/view?id=30574> (дата обращения: 18.04.2023). DOI: 10.17513/spno.30574.

3. Berthonnaud E., Dimnet J., Roussouly P., Labelle H. Analysis of the Sagittal Balance of the Spine and Pelvis Using Shape and Orientation Parameters // *J. Spinal Disord Tech.* 2005. Vol. 18. P. 40-47.
4. La Maida G.A., Zottarelli L., Mineo G.V., Misaggi B. Sagittal balance in adolescent idiopathic scoliosis: Radiographic study of spino-pelvic compensation after surgery // *Eur. Spine J.* 2013. vol. 22, no. SUPPL.6.
5. Zhou X.-Y., Zhao J., Bo Li B., et al., Assessment of Sagittal Spinopelvic Balance in a Population of Normal Chinese Children // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020. vol. 45 (13). P. E787-E791.
6. Поздникин И.Ю., Бортулёв П.И., Барсуков Д.Б., Басков В.Е., Баскаева Т.В. Рентгенологические показатели сагиттального баланса у детей с многоплоскостными деформациями проксимального отдела бедренной кости // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2022. Т. 10, № 1. С. 23-32.