

КОНЦЕПЦИЯ САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА У ПАЦИЕНТОВ ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА

Хусаинов Н.О.¹, Виссарионов С.В.¹, Кокушин Д.Н.¹, Хальчицкий С.Е.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

Концепция сагиттального баланса приобретает все большее значение в лечении пациентов с заболеваниями позвоночника. Параметры позвоночно-тазовых соотношений используют на этапе диагностики для определения ведущей причины клинических проявлений, при планировании хирургических вмешательств, а также для оценки результатов лечения. В связи с тем, что наиболее распространенной патологией в спинальной хирургии являются дегенеративно-дистрофические изменения, большинство литературных данных основаны на анализе позвоночно-тазовых параметров у пациентов старшего возраста. Данная работа представляет собой литературный обзор, целью которого является освещение имеющейся информации о параметрах сагиттального баланса у детей в норме и при патологических состояниях. В литературе в большей степени представлены данные о параметрах сагиттального баланса, таких как величина грудного кифоза и поясничного лордоза, а также динамика их изменения в процессе роста и развития детей. При этом разные авторы используют разные методы их оценки, в ряде случаев не учитывая возрастную изменчивость. Показатели пельвиосакральной морфологии и их развитие освещены недостаточно полно и на примере малого количества детей. Ряд авторов описывают особенности сагиттального баланса у пациентов детского возраста с различными заболеваниями позвоночника и придают им большое значение как предикторам результатов проводимого лечения. Также существуют убедительные данные о роли позвоночно-тазовых соотношений в развитии ряда заболеваний позвоночника, что позволяет иначе выстраивать процесс лечения. Проведенный обзор свидетельствует о том, что вопрос позвоночно-тазовых соотношений у пациентов детского возраста требует дальнейшего изучения для оказания более качественной помощи при различных заболеваниях позвоночника.

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

CONCEPT OF SAGITTAL BALANCE IN PEDIATRIC PATIENTS WITH SPINE DISORDERS

Khusainov N.O.¹, Vissarionov S.V.¹, Kokushin D.N.¹, Khalchitskiy S.E.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

The role of concept of sagittal balance in treatment of patients with spinal disorders is increasing during recent years. Spinopelvic parameters are used at the stage of preoperative assessment to reveal the leading cause of the clinical manifestations of the disease, during surgical planning as well as a tool for evaluation of the results of treatment postoperatively. Due to the fact that degenerative spine diseases remain the most common type of spinal pathology to treat, literature data mostly cover the issue of sagittal alignment in adult patients. This particular paper presents literature review with the aim to reveal current information on sagittal balance in normal pediatric population and in pediatric patients with spinal pathology. There is a paucity of literature data on such parameters of sagittal alignment as thoracic kyphosis and lumbar lordosis and development of their values during child's growth. It should be mentioned that different authors use different measurement techniques and sometimes do not take into account age variability. Parameters of spinopelvic morphology and their development are not fully present and not enough amount of children are included in data collection. Some authors describe specific features of sagittal alignment in patients with different spinal disorders and show an important role of them as a predictors of the results of provided treatment. There is also sufficient data showing that spinopelvic parameters play an important role in the development of some spinal diseases which helps to provided treatment in a different manner. Current literature review shows that the issue of spinopelvic parameters in pediatric population needs to be further investigated to provide more efficient treatment for patients with different spinal disorders.

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

Понимание концепции сагиттального баланса является ключевым моментом для оценки состояния пациентов с заболеваниями позвоночника как на этапе предоперационного

планирования, так и после проведенного лечения. Неоспорима связь между параметрами позвоночно-тазовых соотношений и развитием некоторых патологических состояний, таких как спондилолиз и спондилолистез [1]. Также существует корреляция этих параметров с качеством жизни пациентов после проводимых хирургических вмешательств [2].

В течение длительного времени внимание уделяли преимущественно фронтальному балансу, игнорируя тот факт, что для эргономичного существования не менее важным является положение туловища в сагиттальной плоскости. Исследования Dubousset, посвященные трехмерной оценке сколиотических деформаций позвоночника, продемонстрировали важность нахождения человека в так называемом конусе экономии, что достижимо только при наличии оптимальных позвоночно-тазовых соотношений [3].

Сагиттальный баланс можно представить в виде динамической системы, основными компонентами которой являются позвоночник, пельвиосакральный комплекс и механизмы компенсации. Особенности морфологии осевого скелета и таза, заболевания и травмы позвоночного столба могут вызывать превышение лимита компенсаторных возможностей. В связи с этим одной из целей проводимого лечения должно являться воссоздание нарушенных позвоночно-тазовых соотношений.

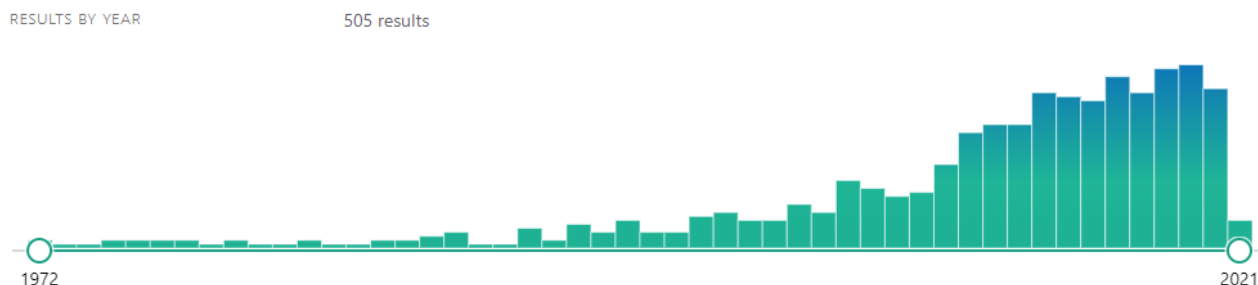
Наиболее распространенной патологией позвоночного столба являются дегенеративно-дистрофические изменения, приводящие к механической нестабильности и развитию деформаций той или иной степени выраженности. Поскольку данная патология характерна для лиц старшего возраста, большинство исследований по проблеме нарушения сагиттального баланса отражают данные, актуальные для взрослых пациентов. Значимость позвоночно-тазовых соотношений в развитии различных заболеваний позвоночника у детей, характер и степень выраженности их изменений при наличии деформаций позвоночного столба изучены недостаточно полно.

Цель исследования. Проведение обзора литературы, освещающей особенности параметров сагиттального баланса у детей в норме и при наличии ряда патологических состояний позвоночника.

Материалы и методы исследования. Поиск литературных источников проводили два автора независимо друг от друга в электронных базах данных PubMed, Sciencedirect и при помощи поисковой системы Google Scholar. Запрос осуществляли, используя словосочетания: «сагиттальный баланс дети», «sagittal balance children», «позвоночно-тазовые соотношения дети», «spinopelvic parameters children». Временная глубина поиска не имела ограничений. В анализ включали исследования, в которых объектом являлись пациенты детского возраста, с доступом к полному тексту статьи. Дублирующие друг друга работы исключали, а оставшиеся

после этого исследования подвергали анализу, разделяя их на представляющие позвоночно-тазовые параметры у детей в норме и при наличии патологии.

Результаты исследования и их обсуждение. Прежде всего, необходимо отметить значительный рост интереса к проблеме сагиттального баланса в течение последних 10–12 лет (рис.).



График, отражающий количество публикаций по теме сагиттального баланса по годам за период с 1972 г. по 2021 г. Резкий рост количества публикаций с 2009 г.

По данным базы PubMed единичное количество публикации в ранний период сменилось десятками – с 2009 г. их число не опускалось ниже 20, а в 2019 г. достигло 45. Разумеется, не все исследования посвящены оценке позвоночно-тазовых параметров у детей, однако удалось выделить ряд из них, представляющих интерес для проведения данного обзора.

Наиболее известным и часто используемым параметром для оценки сагиттального профиля позвоночника у детей является величина грудного кифоза и поясничного лордоза. Пределы допустимых значений варьируют в популяции и зависят от возраста, пола и, вероятно, методики их измерения. По данным Boseker с соавторами, полученным на основании обследования 121 здорового ребенка в возрасте от 5 до 19 лет, средняя величина грудного кифоза составила 33° (вариация от 17° до 51°) [4]. В результате применения стандартного отклонения (± 2 SD) они предложили диапазон нормальных значений грудного кифоза: от 20° до 50° . Следует отметить, что авторы проводили измерения, используя в качестве отправных точек замыкательные пластинки наиболее наклоненных позвонков, а широкий разброс по возрасту делает группу исследования разнородной, что ставит под сомнение достоверность полученных данных и универсальность применения предложенного диапазона нормальных значений. К примеру, в работе Cil с соавторами величину грудного кифоза оценивали строго на уровне Th1–Th12, а величину поясничного лордоза – на уровне L1–S1 [5]. В исследование вошел 151 ребенок в возрасте от 3 лет до 15 лет. Для каждой возрастной группы были получены собственные значения: так, величина грудного кифоза у детей 3–6 лет, 7–9 лет, 10–12 лет и 13–15 лет составила $45^\circ \pm 11^\circ$, $48^\circ \pm 11^\circ$, $46^\circ \pm 11^\circ$ и $53^\circ \pm$

9° соответственно. Величина поясничного лордоза в тех же группах была следующей: $44^{\circ} \pm 11^{\circ}$, $52^{\circ} \pm 12^{\circ}$, $57^{\circ} \pm 10^{\circ}$ и $55^{\circ} \pm 10^{\circ}$. Результаты работы Cil демонстрируют изменчивость данных параметров сагиттального баланса у детей и необходимость проведения их дифференцированной оценки с учетом возраста. Наибольшая по численности выборка (646 детей) была взята Mac-Thiong с соавторами: величину грудного кифоза и поясничного лордоза оценивали так же, как и в работе Cil, рассчитывали средние значения для всей группы (от 3 лет до 18 лет) и для подгрупп (3–10 лет и 10–18 лет) [6]. В то время как средние значения величины грудного кифоза и поясничного лордоза для всех обследованных детей составили $44,8^{\circ} \pm 10,6^{\circ}$ и $56,7^{\circ} \pm 11,4^{\circ}$ соответственно, при разделении на группы эти показатели существенно различались у пациентов младше 10 лет ($42,0^{\circ} \pm 10,6^{\circ}$ и $53,8^{\circ} \pm 12,0^{\circ}$) и старше 10 лет ($45,8^{\circ} \pm 10,4^{\circ}$ и $57,7^{\circ} \pm 11,1^{\circ}$). В таблице 1 представлены имеющиеся в литературе данные о величине грудного кифоза и поясничного лордоза по мнению разных авторов.

Таблица 1

Данные о значениях величины грудного кифоза и поясничного лордоза у детей в норме, представленные в литературе

Автор, год	Количество обследованных детей	Возраст детей (лет)	Величина грудного кифоза (°)	Величина поясничного лордоза (°)
Bernhardt and Bridwell (1989)	102	4,6–29,8	$36^{\circ} \pm 10^{\circ}$	$44^{\circ} \pm 12^{\circ}$
Vedantam et al. (1998)	88	13±8	$38^{\circ} \pm 10^{\circ}$	$64^{\circ} \pm 10^{\circ}$
Boseker et al. (2000)	121	5–19	33°	–
Cil et al. (2005)	151	3–15	$45–53^{\circ} \pm 11^{\circ}$	$44–55^{\circ} \pm 11^{\circ}$
Mac-Thiong et al. (2007)	646	3–18	$44,8^{\circ} \pm 10,6^{\circ}$	$56,7^{\circ} \pm 11,4^{\circ}$

Помимо описанных выше известных и легко вычисляемых параметров, существуют более специфические характеристики морфологии позвоночника и таза. Понимание этих характеристик играет ключевую роль в диагностике и лечении заболеваний позвоночника. Одной из них является угол наклона таза (pelvic tilt) – данная величина отражает положение таза в пространстве относительно вертикальной линии. Увеличение угла наклона таза кпереди наблюдают у пациентов с нарушением соотношений в тазобедренных суставах (вывих/подвывих бедра) и называют антеверзией, флексией или инклинацией таза [7], в то время как увеличение угла наклона кзади, называемое ретроверзией, разгибанием или реклинацией таза, характерно для пациентов с наличием спондилолистеза [1]. Этот важный параметр необходимо учитывать при лечении пациентов, например при проведении тотального эндопротезирования тазобедренного сустава или при устранении феморо-ацетабулярного импиджмента. Другой важной характеристикой является угол наклона

крестца (sacral slope) – положение верхней замыкательной пластинки S1 относительно горизонтальной линии. Оба этих параметра изменяемы и находятся в зависимости друг от друга и от положения человека в пространстве.

В отличие от угла наклона таза и крестца, существует уникальная характеристика пельвиосакральных соотношений, называемая pelvic incidence. Данный параметр ввели в 1990-х гг. Duval-Beaupere с соавторами [8]. Его уникальность заключается в том, что он не зависит от положения человека в пространстве, остается постоянной индивидуальной величиной и неизменяем. Примечательно, что все три описанных параметра связаны: известно, что pelvic incidence представляет собой сумму величин pelvic tilt и sacral slope. Pelvic incidence имеет крайне важное значение в поддержании сагиттального баланса, так как более высокие его значения требуют компенсаторного увеличения поясничного лордоза.

Существует лишь несколько исследований, описывающих величины обозначенных выше параметров в норме у взрослых и детей. Mac-Thiong с соавторами изучили динамику изменений параметров сагиттального баланса у 180 детей в возрасте от 4 до 18 лет [6]. Результаты их работы демонстрируют постоянное и постепенное увеличение показателей pelvic incidence у детей, преимущественно за счет увеличения угла наклона таза, в то время как значения sacral slope остаются стабильными. Авторы не продемонстрировали различий между лицами мужского и женского пола.

Значимость параметров сагиттального баланса подтверждается, прежде всего, рядом исследований, которые выявили линейную корреляцию между значениями величин поясничного лордоза и pelvic incidence и развитием спондилолистеза. В группе пациентов со спондилолистезом высокой степени по классификации Meyerding наблюдали и более высокие значения pelvic incidence [9], в то же время низкие значения этого параметра (менее 45°) также связаны с развитием патологии люмбосакральной области, в частности с развитием спондилолиза по механизму «nut – cracker». Эти данные легли в основу ряда классификаций, таких как классификация Spinal Deformity Study Group и классификация Mac-Thiong [10]. Стоит отметить, что только последняя позволяет определить вариант подходящего хирургического лечения: необходимость проведения полной или частичной редукции тела позвонка, фиксации таза, выполнения межтелового спондилодеза. В таблице 2 представлены данные о значениях позвоночно-тазовых параметров в норме и при наличии спондилолистеза у пациентов детского возраста [6].

Таблица 2

Средние значения параметров позвоночно-тазовых соотношений у детей в норме и у пациентов со спондилолистезом

Параметр	Норма (\pm)	Степень спондилолистеза (по Meyerding)
----------	-----------------	--

		1-я степень	2-я степень	3-я степень	4-я степень	5-я степень
Pelvic incidence	49,1 (11,0)	57,7 (6,3)	66,0 (6,9)	78,8 (5,6)	82,3 (7,2)	79,4 (10,2)
Pelvic tilt (угол наклона таза)	7,7 (8,0)	13,8 (3,9)	16,2 (5,4)	27,6 (5,7)	33,9 (5,2)	33,5 (5,4)
Sacral slope (угол наклона крестца)	41,4 (8,2)	43,9 (4,8)	49,8 (4,2)	51,2 (5,7)	48,5 (7,6)	45,9 (13,5)

Параметры сагиттального баланса имеют значение и для пациентов с идиопатическим сколиозом. Согласно представлению ряда авторов, при развитии трехмерной деформации позвоночника первичные изменения происходят именно в сагиттальной плоскости [11–13]. Это необходимо учитывать в процессе выполнения хирургической коррекции деформаций, так как частота развития контактного кифозирования остается по-прежнему высокой [14]. В ряду причин возникновения такой ситуации находится дисбаланс в сагиттальной плоскости. Также, по мнению Missagi с соавторами, коррекция сколиотической деформации типа Lenke 1 с недостаточно полным устранением гипокифоза приводит к необходимости задействования компенсаторных механизмов, в частности увеличения угла наклона таза, для коррекции развивающегося отрицательного сагиттального баланса [15].

Кроме того, существуют работы, демонстрирующие прогностическую ценность характеристик позвоночно-тазовых соотношений при проведении консервативного лечения пациентов с использованием корсета. Так, Jing Guo с соавторами представили результаты своей работы, подтверждающие связь между величиной угла наклона таза на момент начала проведения корсетотерапии и вероятностью прогрессирования деформации: pelvic tilt < $-0,5^{\circ}$ ассоциировался с неэффективностью проводимого лечения и являлся, по мнению авторов, сильным предиктором отсутствия успеха в лечении [16].

Тяжелой для курации категорией пациентов остаются дети с деформациями позвоночника на фоне нейромышечных заболеваний. Помимо сравнительно более высокой частоты развития инфекционных осложнений в послеоперационном периоде, их отличает и сравнительно более высокая частота дестабилизации металлоконструкции [17]. Хирургическая коррекция таких деформаций крайне часто включает спондилопелвиофиксацию – в таких ситуациях учет позвоночно-тазовых параметров сложно переоценить. Группа авторов из Бразилии продемонстрировала отсутствие изменений основных характеристик пельвиосакральных соотношений при проведении хирургического лечения пациентов с деформациями позвоночника на фоне детского церебрального паралича, что подтверждает тот факт, что фиксация таза ограничивает компенсаторные возможности этих пациентов, в отличие от детей с идиопатическими сколиозами [18]. Price с соавторами

приводят данные о том, что независимо от выбранной техники фиксации таза у пациентов с нейрмышечным сколиозом частота дестабилизации металлоконструкции достоверно выше у пациентов с исходно более высокими значениями pelvic incidence [19].

Особый интерес представляет изучение параметров сагиттального баланса у пациентов со скелетными дисплазиями. В силу того, что данные заболевания сравнительно редки, проведение исследований довольно затруднительно, однако существуют работы, оценивающие характеристики позвоночно-тазовых соотношений у пациентов с наиболее частой формой скелетной дисплазии – ахондроплазией. Известно, что патология осевого скелета у пациентов данной группы представлена развитием стеноза на уровне большого затылочного отверстия и С1 позвонка, а также формированием выраженного кифозирования в области грудопоясничного перехода. При этом в ряде случаев деформация исчезает без лечения в первые несколько лет жизни ребенка. Длительное время объяснение этому отсутствовало. В 2018 г. Mackenzie с соавторами продемонстрировали, что кифоз прогрессивно уменьшается в течение первых 3 лет жизни благодаря выраженному гиперлордозированию поясничного отдела позвоночника и увеличению угла наклона крестца [20]. Его данные подтверждают результаты исследования О.Г. Прудниковой и А.М. Аранович, демонстрирующие значительное уменьшение угла наклона таза у пациентов данной группы в сравнении со здоровыми детьми [21].

Выводы. Развитие концепции сагиттального баланса претерпевает значительные изменения в течение последнего десятилетия. В литературе появляется все больше работ, посвященных данной проблеме, но преимущественно у взрослых. Проведенный нами обзор демонстрирует, что вклад параметров позвоночно-тазовых соотношений в развитие ряда заболеваний в детском возрасте неоспорим, однако требует дальнейшего изучения. Крайне важным, однако немодифицируемым фактором является pelvic incidence, характеризующий морфологию пельвиосакрального комплекса. Для улучшения качества оказания помощи пациентам и снижения процента неудовлетворительных результатов лечения, а также для прогнозирования течения многих патологических состояний осевого скелета необходим учет параметров позвоночно-тазовых соотношений.

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

Список литературы

1. Funao H., Tsuji T., Hosogane N., Watanabe K., Ishii K., Nakamura M., Chiba K., Toyama Y.,

- Matsumoto M. Comparative study of spinopelvic sagittal alignment between patients with and without degenerative spondylolisthesis. *Eur. spine J.* 2012. vol. 21. no. 11. P. 2181–2187.
2. Gao A., Wang Y., Yu M., Wei F., Jiang L., Liu Z., Liu X. Association Between Radiographic Spinopelvic Parameters and Health-related Quality of Life in De Novo Degenerative Lumbar Scoliosis and Concomitant Lumbar Spinal Stenosis. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2020. vol. 45. no. 16. P. E1013–E1019,
 3. Dubousset J. 3D analysis of scoliotic deformity development and 3D chain of balance in a scoliosis patient // *Хирургия позвоночника*. 2016. Т. 13. № 5. С. 108–113.
 4. Boseker E.H., Moe J.H., Winter R.B., Koop S.E. Determination of ‘normal’ thoracic kyphosis: a roentgenographic study of 121 ‘normal’ children. *J. Pediatr. Orthop.* 2000. vol. 20. no. 6. P. 796–798.
 5. Cil A., Yazici M., Uzumcugil A., Kandemir U., Alanay A., Alanay Y., Acaroglu RE., Surat A. The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2005. vol. 30. no. 1. P. 93–100.
 6. 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.
 7. Овечкина А.В., Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е. Поздеев И.Ю., Барсуков Д.Б. Клинико-рентгенологические показатели позвоночно-тазовых соотношений у детей с диспластическим подвывихом бедра // *Травматология и ортопедия России*. 2018. Т. 24. №. 3. С. 74–82.
 8. Duval-Beaupère G., Schmidt C., 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. vol. 20. no. 4. P. 451–462.
 9. Mac-Thiong J.-M., Labelle H., Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur. Spine J.* 2011. vol. 20. no. 5. P. 641, 2011.
 10. Mac-Thiong J.-M., Duong L., Parent S., Hresko MT., Dimar JR., Weidenbaum M., Labelle H. Reliability of the Spinal Deformity Study Group classification of lumbosacral spondylolisthesis. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2012. vol. 37. no. 2. P. E95-102.
 11. Kubat O., Ovadia D. Frontal and sagittal imbalance in patients with adolescent idiopathic deformity. *Ann. Transl. Med.* 2019. vol. 8. no. 2. P. 29–29.
 12. Schlösser T.P.C., Shah S.A., Reichard S.J., Rogers K., Vincken K.L., Castelein R.M. Differences in early sagittal plane alignment between thoracic and lumbar adolescent idiopathic scoliosis. *Spine J.* 2014. vol. 14. no. 2. P. 282–290.
 13. El-Hawary R., Sturm PF., Cahill PJ., Samdani AF., Vitale MG., Gabos PG., Bodin ND., d'Amato CR., Harris C., Howard JJ, Morris SH., Smith JT. Sagittal Spinopelvic Parameters of Young

Children With Scoliosis. *Spine Deform.* 2013. vol. 1. no. 5. P. 343–347.

14. Peng L., Lan L., Xiu P, Zhang G., Hu B., Yang X., Song Y., Yang X., Gu Y., Yang R., Zhou X. Prediction of Proximal Junctional Kyphosis After Posterior Scoliosis Surgery With Machine Learning in the Lenke 5 Adolescent Idiopathic Scoliosis Patient. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 2020. vol. 8. P. 1149.

15. 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. 6. P. 859-867.

16. Guo J., Liu Z., Lv F., Zhu Z., Qian B., Zhang X., Lin X., Sun X., Qiu Y. Pelvic tilt and trunk inclination: New predictive factors in curve progression during the Milwaukee bracing for adolescent idiopathic scoliosis. *Eur. Spine J.* 2012. vol. 21. no. 10. P. 2050–2058.

17. Cognetti D., Keeny H.M., Samdani A.F., Pahys J.M., Hanson D.S., Blanke K., Hwang S.W. Neuromuscular scoliosis complication rates from 2004 to 2015: a report from the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality database. *Neurosurg. Focus.* 2017. vol. 43. no. 4. P. E10.

18. Paulo Alvim Borges P.A., Benites Zelada F.G., dos Santos Barros T.F., Letaif O.G., da Rocha I.D., Marcon R.M., Cristante A.F., Pessoa Barros-Filho T.E. A comparative study of sagittal balance in patients with neuromuscular scoliosis. *Clinics.* 2017. vol. 72. no. 8. P. 481–484.

19. Wu Z., Schwend R.M., Anderson J.T., Marasigan J.A.M., Price N.J. Iliac screw instrumentation to the pelvis in children with neuromuscular and syndromic scoliosis. No lateral connectors and respect sagittal balance. *Spine Deform.* 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33492654/> (дата обращения: 05.02.2021).

20. Abousamra O., Shah SA., Heydemann JA., Kreitz TM., Rogers KJ., Ditro C., Mackenzie WG. Sagittal Spinopelvic Parameters in Children With Achondroplasia. *Spine Deform.* 2019. vol. 7. no. 1. P. 163–170.

21. Аранович А.М., Прудникова О.Г. Клинико-рентгенологические аспекты сагиттального баланса позвоночника у детей с ахондроплазией // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2018. Т. 6. №. 4. С. 6–12.