

Гений ортопедии. 2023;29(1):49-56.

Genij Ortopedii. 2023;29(1):49-56.

Научная статья

УДК 616.711-007.55-071

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2023-29-1-49-56>

«Синдромокомплекс» идиопатического сколиоза

Ю.Л. Зейналов¹, А.В. Бурцев², Г.В. Дьячкова^{2✉}, К.А. Дьячков²¹ Клиника Военно-медицинского управления Службы государственной безопасности Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджан² Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, РоссияАвтор, ответственный за переписку: Галина Викторовна Дьячкова, dgv2003@list.ru

Аннотация

Введение. Многофакторность этиологии идиопатического сколиоза (ИС) требует комплексного подхода к диагностике, тогда, как правило, объем обследования больных ограничивается рентгенографией, компьютерной томографией без детального анализа полученных данных о состоянии опорно-двигательной системы. В литературе проблема комплексной диагностики ИС практически не освещена, так же как и синдромальный подход к обоснованию метода лечения и реабилитации. **Цель.** Определить понятие «синдромокомплекс» идиопатического сколиоза на основе изучения современными методами диагностики состояния позвоночника, мышц, проксимального отдела бедренной кости, минеральной плотности костной ткани (МПКТ), минерального обмена и костного метаболизма. **Материалы и методы.** Методом мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) изучено состояние позвоночника (300 больных), проксимального отдела бедренной кости (57 больных), паравертебральных (40 больных) и ягодичных мышц (60 больных основной группы и 40 – контрольной), методом денситометрии – МПКТ (40 больных основной и 40 – контрольной), минеральный обмен и костный метаболизм изучены биохимическими методами у 55 больных ИС. **Результаты и обсуждение.** Изучение у больных идиопатическим сколиозом разного возраста и с различной величиной деформации определенных отделов опорно-двигательной системы выявило выраженные нарушения формы позвонков, в том числе увеличение фронтального диаметра, клиновидность со значительным отличием плотности по выпуклой и вогнутой сторонам, структурные изменения позвонков, проявляющиеся в уменьшении плотности, наличии зон разрежения, участков максимальной плотности на вершине деформации, гипотрофию и жировое перерождение паравертебральных и ягодичных мышц, снижение плотности МПКТ, уменьшение плотности головки бедренной кости, нарушение минерального обмена и костного метаболизма. **Заключение.** Выраженные нарушения формы, рентгеноморфологические изменения позвонков, гипотрофия и жировое перерождение паравертебральных и ягодичных мышц, сопутствующие изменения МПКТ, тазобедренного сустава, минерального обмена и костного метаболизма, входят в понятие «синдромокомплекс идиопатического сколиоза», лежат в основе тактической концепции для диагностики, лечения и дальнейших реабилитационных мероприятий больных с тяжелыми формами сколиоза.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз, позвонки, мышцы, минеральный обмен, денситометрия, компьютерная томография, биохимические исследования

Для цитирования: Зейналов Ю.Л., Бурцев А.В., Дьячкова Г.В., Дьячков К.А. «Синдромокомплекс» идиопатического сколиоза. *Гений ортопедии*. 2023;29(1):49-56. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-1-49-56. EDN OVJUPY.

Original article

Idiopathic scoliosis "syndromocomplex"

Yu.L. Zeynalov¹, A.V. Burtsev², G.V. Diachkova^{2✉}, K.A. Diachkov²¹ Clinic of the Military Medical Department of the State Security Service of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan² Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian FederationCorresponding author: Galina V. Diachkova, dgv2003@list.ru

Abstract

Introduction Multifactoriality in the etiology of idiopathic scoliosis (IS) requires an integrated approach to diagnosis, while the regular examination of patients is limited to radiography, computed tomography without a detailed analysis of the data obtained on the state of the musculoskeletal system. The problem of complex diagnosis of IS is practically not covered by the literature including the syndromic approach to the rationale for the method of treatment and rehabilitation. **Purpose of the study** To define the concept of "syndromocomplex" of idiopathic scoliosis based on the study of the state of the spine, muscles, proximal femur, bone mineral density (BMD), mineral metabolism and bone metabolism using current diagnostic methods. **Materials and methods** The state of the spine (300 patients), proximal femur (57 patients), paravertebral (40 patients) and gluteal muscles (60 patients of the main group and 40 of the control group) were studied using the method of multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI), densitometry – BMD (40 patients of the main and 40 of control one), mineral metabolism and bone metabolism were studied by biochemical methods in 55 patients with IS. **Results and discussion** The study of patients with idiopathic scoliosis at different ages and with different grades of deformities in various parts of the musculoskeletal system revealed pronounced disorders in the shape of the vertebrae, including an increase in the frontal diameter, wedge shape with a significant difference in density along the convex and concave sides, structural changes in the vertebrae, manifested in a decrease in density, the presence of rarefaction zones, areas of maximum density at the top of the deformity, malnutrition and fatty degeneration of the paravertebral and gluteal muscles, a decrease in BMD, a decrease in the density of the femoral head, impaired mineral metabolism and bone metabolism. **Conclusion** Severe disorders in the shape, X-ray morphological changes in the vertebrae, malnutrition and fatty degeneration of the paravertebral and gluteal muscles, concomitant changes in BMD, hip joint, mineral metabolism and bone metabolism, are included in the concept of "syndromocomplex" of idiopathic scoliosis, underlie the tactical concept for diagnosis, treatment and further rehabilitation measures for patients with severe forms of scoliosis.

Keywords: idiopathic scoliosis, vertebrae, muscles, mineral metabolism, densitometry, computed tomography, biochemical studies

For citation: Zeynalov YuL, Burtsev AV, Diachkova GV, Diachkov KA. Idiopathic scoliosis "syndromocomplex". *Genij Ortopedii*. 2023;29(1):49-56. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-1-49-56

ВВЕДЕНИЕ

Многие работы, касающиеся изучения этиологии, патогенеза и клинических проявлений идиопатического сколиоза (ИС), отмечают мультифакторность данного за-

болевания [1-5]. В ряде работ подчеркнута, что «... такие причины развития, как дефекты костной и мышечной тканей, патология центральной нервной системы, на-

рушение биомеханики, гормональные и биохимические отклонения» могут иметь большое значение в развитии ИС [2, 6-8]. Есть немало отдельных исследований, в которых изучено состояние мышц, позвонков, МПК, других девиаций опорно-двигательной системы, где выявлены различные изменения мышечной и костной ткани, нарушение биомеханических и биохимических показателей у больных идиопатическим сколиозом [5, 9-15]. Однако

не было проведено комплексного изучения изменения различных составляющих опорно-двигательной системы, минерального обмена и метаболизма костной ткани в одной группе больных идиопатическим сколиозом, чтобы подчеркнуть, что патологические проявления ИС имеют место у всех больных с различной степенью выраженности в зависимости от возраста и величины деформации позвоночника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

У 300 больных идиопатическим сколиозом различной степени тяжести в возрасте от 10 до 50 лет изучены результаты устранения деформации позвоночника методом внутренней транспедикулярной фиксации системами Medtronic (75 %) (США) и Orion (25 %) (Англия) в 2018–2021 гг. Критерий включения: идиопатический сколиоз с деформацией от 25 до 130°, полный лучевой архив. Критерии исключения: наличие врожденной патологии позвоночника и спинного мозга, сколиоз другой этиологии, отсутствие полного лучевого архива. Многоцентровое ретроспективное исследование. Статья носит обобщающий характер, основана на предыдущих исследованиях.

Методом МСКТ и МРТ изучено состояние позвоночника (300 больных), проксимального отдела бедренной кости (57 больных), паравертебральных (40 больных) и ягодичных мышц (60 основной группы и 40 – контрольной), методом денситометрии – МПКТ (40 больных основной и 40 – контрольной), минеральный обмен и костный метаболизм изучены биохимическими методиками у 55 больных ИС.

Рентгенологический

(классическая рентгенография)

Всем больным выполняли рентгенографию позвоночника в прямой и боковой проекциях, а также "bendingtest" и после вытяжения.

Мультисрезовая компьютерная томография (МСКТ)

Исследование всех объектов проведено на томографе GEORPIMACT660 USA.

Позвоночник

Компьютерная томография была выполнена всем больным. На полученных МСКТ-изображениях, в том числе и с 3D-реконструкцией, изучали патологические изменения позвонков, в том числе их плотность, размеры, деформацию позвоночного канала, размеры ножек дуг позвонков. С учетом данных МСКТ оценивали степень коррекции ротационного компонента сколиотической деформации.

Проксимальный отдел бедренной кости

Состояние проксимального отдела бедренной кости (общая плотность головки бедренной кости, центральной ее части, плотность в области большого вертела с выпуклой и вогнутой стороны деформации) было изучено с использованием рабочей станции и дополнительных программ по данным лучевого архива МСКТ.

Мышцы

Паравертебральные мышцы. Изучены плотность, толщина (длина для m. Iliopsoas (подвздошно-поясничная), основных мышц туловища, влияющих на функцию позвоночника: m. erector spinae; m. longissimus

thoracis). Определяли толщину и плотностные показатели мышц по шкале Хаунсфилда (HU) с выпуклой и вогнутой стороны деформации, на ее вершине. Количественную и качественную характеристику паравертебральных мышц изучали на разных уровнях, с учетом вершины деформации. Измерение площади, толщины и плотности мышц на аксиальных срезах и при MPR проводили на срезах, перпендикулярных её длине. Плотность мышцы определяли на всей площади поперечного сечения, исследовали и локальную плотность мышц в отдельных ее участках.

Ягодичные мышцы. Для анализа плотности и толщины ягодичных мышц больные были разделены на группы по возрасту (до 18 лет и старше 18 лет – 2.1 и 2.2) и по степени деформации (до 60° и больше 60° – 1.1 и 1.2). Определяли толщину и плотностные показатели мышц по шкале Хаунсфилда (HU) с выпуклой и вогнутой стороны деформации. Плотность мышцы определяли на всей площади поперечного сечения мышцы. Кроме того, исследовали толщину и локальную плотность мышц. Для изучения степени изменения ягодичных мышц был предложен «Способ количественной оценки степени изменения ягодичных мышц у больных идиопатическим сколиозом» [17].

Магнитно-резонансная томография

Исследования проводили на магнитно-резонансном томографе Signa HDXT (General Electronics) мощностью магнитного поля 3,0 тесла. Использовались T1-взвешенные (T1WI), T2-взвешенные (T2WI) изображения. Выбранная толщина среза составляла 3-4 мм с интервалом среза 0,5-1,0 мм. Использовали также алгоритм IDEAL для обработки сигнала в тканях с содержанием воды и жира.

Денситометрия

Исследования проведены на денситометре GE Lunar Prodigy Primo, который является первым цифровым денситометром для исследования минеральной плотности костной ткани (BMD) и оценки композиционного состава тела, с использованием кадмиум-цинк-теллуридовой (КЦТ) детекторной матрицы и технологии узкоугольного веерного луча, что обеспечивает минимизацию искажений с получением «бесшовного» цельного изображения высокого качества; быстрое получение сканограмм (от 10 секунд); ультра-низкие дозы облучения.

Биохимические исследования

Показатели кальциевого обмена (общий и ионизированный кальций, паратгормон, кальций суточной мочи), фосфор, маркеры костеобразования (щелочная фосфатаза, остеокальцин, P1NP в крови), ДПИД утренней мочи, уровень в крови 25(OH)D исследу-

довали до операции у 55 больных. Биохимические исследования проводили на автоматическом биохимическом анализаторе VITROS 5.1FS (Orto-Clinical Diagnostics Johnson – Johnson company), исследование гормонов – на автоматических анализаторах VITROS® ECIQ, mini Vidas, автоматизированной системе Cobas E411.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анатомические и структурные изменения позвонков, проксимального отдела бедренной кости, паравертебральных и ягодичных мышц, состояние минерального обмена и костного метаболизма у больных идиопатическим сколиозом разного возраста с различной величиной деформации имели отличия как качественных, так и количественных показателей. Выявленные выраженные нарушения формы, в том числе увеличение фронтального диаметра, клиновидность со значительным отличием плотности по выпуклой и вогнутой сторонам, структурные изменения позвонков, наличие зон разрежения в теле позвонка и участков максимальной плотности на вершине деформации, гипотрофия и жировое перерождение паравертебральных и ягодичных мышц, сопутствующие изменения МПКТ, тазобедренного сустава, минерального обмена и костного метаболизма, объединены нами в понятие «синдромокомплекс идиопатического сколиоза», что позволяет, в принципе, иначе подходить к выбору тактики предоперационной подготовки, деталей хирургического вмешательства и послеоперационной реабилитационной программы.

«Синдромокомплекс идиопатического сколиоза» включает в себя:

1. Рентгеноморфологические изменения позвонков

1.1. Увеличение отношения фронтального диаметра апикального позвонка к сагиттальному зависело от величины деформации, свидетельствовало об изменении формы позвонков и смещении их в аксиальной плоскости, что необходимо оценивать, учитывая трехплоскостной характер деформации [18].

1.2. Высота позвонка по выпуклой стороне при деформации 60-80° на 22,3 ± 1,7 % больше, чем по вогнутой, разница увеличивалась до 28,9 ± 2,1 % при деформации более 90° [18].

1.3. При любой величине деформации максимальная плотность позвонков была выше по вогнутой стороне деформации, минимальная была выше по выпуклой стороне только в грудном отделе, а средняя – достоверно отличалась только при деформации 60-90° в грудном отделе. У больных с величиной деформации больше 90° максимальная общая плотность тел позвонков по вогнутой стороне отличалась от плотности с выпуклой стороны на большую величину, чем при деформациях меньшей величины ($p < 0,01$). Плотность компактного слоя по вогнутой стороне при деформации 70-90° была в 2-2,5 раза больше, чем по выпуклой. В центре компактного слоя позвонка при измерении плотности по вогнутой стороне в сагиттальной плоскости максимальные значения достигали 752 ± 19,4 HU [19].

Работа проводилась в соответствии этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2013 г. Все больные или их законные представители подписали информированное согласие на публикацию данных без идентификации личности.

1.4. При S-образном сколиозе при величине деформации в грудном отделе 90° и в грудно-поясничном 110° плотность апикального позвонка по выпуклой и вогнутой стороне в поясничном отделе отличалась достоверно ($p < 0,01$), тогда как в грудном отделе отличия были недостоверными ($p > 0,05$). При величине деформации Th-L 55-75° плотность апикального позвонка отличалась достоверно в области поясничной дуги ($p < 0,01$) и от позвонков в грудном отделе ($p < 0,05$). У больных при сколиозе типа 2 по Lenke плотность компактного слоя апикального позвонка по вогнутой стороне при деформации Th 90-110° в сравнении с выпуклой стороной была на 42,1 % больше. При деформации Th 55-75° – только на 15 %, при Th 35-40° – на 29 %.

Найдена прямая зависимость между плотностью компактной кости по выпуклой и вогнутой сторонам от величины деформации как при сколиозе типа 3 по Lenke, так и при сколиозе типа 2 по Lenke, но в этом случае отличия плотности были меньше [18].

1.5. Общая плотность апикального позвонка имела прямую зависимость от величины деформации с достоверными отличиями по выпуклой и вогнутой поверхностям ($p < 0,01$; $p < 0,01$ для различной величины искривления), кроме деформации 90-110° в грудном отделе ($p > 0,05$). Плотность губчатой кости в средней части позвонка при измерении ее на аксиальном срезе в грудном отделе увеличивалась от минимальной (на выпуклой стороне) к максимальной (на вогнутой поверхности) на величину, зависящую от величины деформации, и имела максимальные отличия на 76 % при деформации 90-110°. При сколиозе (тип 3 по Lenke) в поясничном отделе позвоночника плотность уменьшалась в зависимости от величины деформации от максимального значения на вогнутой стороне до минимального его показателя на выпуклой стороне (максимально на 72 % при деформации 90-110°) [18].

2. Рентгеноморфологические изменения проксимального отдела бедренной кости в зависимости от величины деформации позвоночника

2.1. У больных при сколиозе типа 2 по Lenke, когда величина деформации не больше 40°, общая плотность головки бедренной кости с обеих сторон не имела достоверных отличий. При деформации 70-90° общая плотность головки бедренной кости на стороне выпуклой деформации была больше, чем на вогнутой стороне ($p < 0,01$). При S-образном сколиозе плотность головки бедренной кости примерно одинакова с обеих сторон [13].

2.2. При деформации меньше 40° разница в плотности центральной части головки с вогнутой и выпуклой стороны у больных не достоверна. При увеличении

деформации до 70-90° плотность центральной части головки с выпуклой стороны была больше, чем с вогнутой [13].

2.3. В области большого вертела плотность бедренной кости у пациентов с ИС, как и в норме, была ниже окружающих данную область образований. При деформации 30-40° плотность в зоне большого вертела с выпуклой и вогнутой стороны достоверно не отличалась. Достоверное отличие между плотностью кости в области вертела с выпуклой и вогнутой сторон было найдено при деформации от 60° и более градусов [13].

2.4. Плотность седалищной кости при С-образном сколиозе при деформации позвоночника в 30-40 градусов отличалась незначительно. При увеличении деформации до 70-90° (сколиоз типа 2 по Lenke) отличия увеличивались до статистически значимых величин. У пациентов при сколиозе типа 3 по Lenke статистически достоверные различия не были зарегистрированы [13].

2.5. Изменение минеральной плотности кости

С увеличением степени деформации позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом в возрасте от 11 до 18 лет выявлена тенденция увеличения количества пациентов со сниженной МПК позвоночника и проксимального отдела бедренной кости. Выявлены патологические изменения в костной ткани, характеризующиеся низкими показателями минеральной плотности по Z-критерию в 2,3 раза. У взрослых пациентов с увеличением степени тяжести сколиоза, особенно при деформациях больше 90°, T-критерий варьировал от (-2) до (-2,5). Это свидетельствует о необходимости контроля состояния минеральной плотности кости, учитывая важность данного показателя для предотвращения дислокации имплантов.

3. Рентгеноморфологические и МРТ-изменения паравертебральных и ягодичных мышц у больных с различной величиной деформации

3.1. Паравертебральные мышцы

3.1.1. Плотность паравертебральных мышц у больных ИС не зависела от возраста пациента, как и в норме, а была обусловлена величиной деформации. Максимальные отличия средней плотности паравертебральных мышц по выпуклой и вогнутой сторонам отмечены при деформации 90-120°. Наиболее сложная зависимость от уровня и степени деформации характерна для m. Iliopsoas. Даже при деформации 40-45° длина мышцы увеличивалась на 25-30 %, а толщина уменьшалась [20].

3.1.2. Значительное снижение плотности, связанное с жировым перерождением, уменьшение длины и толщины мышц, особенно по внутренней поверхности искривления, отмечено для S-образной деформации с величиной 90° и более градусов. На уровне апикальных позвонков изменения паравертебральных мышц были наиболее выражены [20].

3.1.3. У больных с деформацией позвоночника в пределах 40° изменения паравертебральных мышц характеризовались умеренной гипотрофией, отличия плотности их с выпуклой и вогнутой сторон были не достоверными. При деформации более 100° длина и толщина мышц по вогнутой стороне деформации была меньше на 75-120 %. Кроме того, имело место

значительное жировое перерождение параспинальных мышц, особенно в поясничном отделе. Выраженные анатомические изменения характерны для m. iliopsoas, находящейся в зоне максимального искривления [20].

3.1.4. МРТ параспинальных мышц позволила выявить максимально точно степень жирового перерождения, оценивая интенсивность сигнала. Анализ T2-взвешенных МРТ паравертебральных мышц спины у пациентов с идиопатическим сколиозом показал значительную жировую инфильтрацию, особенно с вогнутой стороны. Кроме того, чем каудальнее располагались паравертебральные мышцы в поясничном отделе, тем более высокий сигнал фиксировался в зонах с жировым перерождением. Полученные данные являются полезным инструментом для измерения степени дегенерации паравертебральных мышц. Интенсивность сигнала ($295,9 \pm 57,1$) и площадь жировой инфильтрации ($41,3 \pm 8,2$ %) мышц спины у больных идиопатическим сколиозом с вогнутой стороны значительно выше, чем с выпуклой ($179,1 \pm 26,5$ % и $15,9 \pm 3,2$ % соответственно). Эти отличия были более значительными на уровне LIII-IV, где интенсивность сигнала от жировой ткани составляла $1038,5 \pm 97,5$, для мышц – $419,8 \pm 21,4$. Общая площадь высокого сигнала (жировое перерождение) составляла от 33 до 42 %, что относится к «незначительной» жировой инфильтрации [21, 22].

3.2. Изменения ягодичных мышц. МСКТ

3.2.1. Денситометрическая плотность ягодичных мышц у больных ИС имела прямую зависимость от величины деформации, но плотность и поперечное сечение мышц чаще были изменены с обеих сторон и больше зависели от давности заболевания (возраста больных), в отличие от параспинальных мышц. У больных ИС в возрасте старше 18 лет плотность мышц уменьшалась при любой величине деформации, но для различных мышц эти отличия были неравнозначны. У пациентов в возрасте до 18 лет при деформациях позвоночника в 40-45° плотность средней ягодичной мышцы была увеличена с обеих сторон, а малой ягодичной – была больше на 44-49 % с выпуклой стороны деформации. У пациентов старше 18 лет плотность ягодичных мышц увеличивалась на большую величину в сравнении с нормальными возрастными показателями [17, 23].

3.2.2. При правостороннем сколиозе имело место отличие в длине и толщине ягодичных мышц с небольшими отличиями в интенсивности сигнала справа (МРТ). Длина мышц у больных с дугой в грудном отделе и противодугой в поясничном практически одинакова. Толщина справа была несколько больше. При идиопатическом сколиозе (тип 3 по Lenke), небольшой величине сколиотических дуг толщина, площадь ягодичных мышц справа и слева практически не отличались. При определении площади и интенсивности сигнала с построением гистограмм выявлена небольшая разница в высоте сигнала в ягодичной мышце (слева выше, чем справа – $161,7 \pm 8,2$) [23].

3.2.3. Комплекс анатомических и структурных изменений ягодичных мышц у больных ИС включал в себя изменение формы, плотности мышц, архитектоники, гипотрофию различной степени и атрофические изменения, жировое перерождение. Малая и средняя ягодич-

ные мышцы были более подвержены гипотрофии (атрофии) с увеличением денситометрической плотности, большая ягодичная мышца – умеренно выраженной гипотрофии с нарушением структуры мышечного брюшка и жировому перерождению. МРТ выявила отличие в длине ягодичных мышц у больных с правосторонним идиопатическим сколиозом на фоне незначительного повышения интенсивности сигнала [23].

4. Кальциевый обмен и маркеры костеобразования у больных в зависимости от возраста и величины деформации

4.1. Показатели кальциевого обмена и маркеры костеобразования у больных идиопатическим сколиозом в зависимости от возраста

Изменение обмена кальция (снижение экскреции кальция с суточной мочой при нормальных уровнях кальция в крови) найдено у 30 % пациентов. Маркеры резорбции дезоксиридинолин и остеокальцин были в пределах референсных значений у всех больных, но щелочная фосфатаза, P1NP в крови были значительно выше нормы у всех пациентов возрасте до 18 лет, у больных старше 18 лет щелочная фосфатаза имела нормальные значения. Уровень витамина D (25(OH)D) у пациентов в возрасте до 18 лет не превышал 8-13 нг/мл, что расценивается как дефицит, у взрослых больных был снижен до 15-19 нг/мл, что соответствует недостаточности. Резюмируя, можно отметить, что маркеры костного метаболизма у пациентов с идиопатическим сколиозом в детском возрасте отличаются от аналогичных показателей взрослых пациентов [24].

4.2. Изменения показателей кальциевого обмена у больных идиопатическим сколиозом в зависимости от величины деформации

Больные были разделены на три группы: с величиной деформации 25-40° (1 группа), 40-60° (2 группа) и больше 60° (3 группа) (n = 30).

При деформации позвоночника до 40 градусов уровень щелочной фосфатазы и P1NP были

выше нормальных показателей ($p < 0,05$), во второй и третьей группах они не отличались от нормальных. Это характеризует высокооборотный тип костного ремоделирования у больных первой группы, в которой были, в основном, пациенты в возрасте до 18 лет, что является показанием для изучения у этих пациентов МПКТ позвонков. Что касается витамина D, то в первой группе имел место его дефицит, а во второй и третьей его уровень можно было расценить как недостаточность. Более высокая экскреция дезоксиридинолина (ДПИД) отмечена в группе пациентов с деформацией более 60°, что является показателем высокой скорости резорбции кости. Аналогичная зависимость найдена и для показателей фосфора в крови, что подтверждает изменение процессов синтеза и резорбции в кости у пациентов третьей группы, в которой были больные более старшего возраста [25].

Выявленные изменения позвоночника, отдельных позвонков, мышц, состояния проксимального отдела бедренной кости, МПК, кальциевого обмена и костного метаболизма объединены нами в понятие «Синдромокомплекс» идиопатического сколиоза (рис. 1).



Рис. 1. «Синдромокомплекс» идиопатического сколиоза

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования показали, насколько разнообразны изменения позвонков при различных типах сколиоза и величине деформации. При больших деформациях позвоночника в апикальных позвонках наблюдалось выраженное нарушение формы, увеличение фронтального диаметра, изменение плотности губчатой части и кортикального слоя, торсия 3-й и 4-ой степени [26], что сопровождалось нарушением симметрии ножек дуг позвонков и выраженной клиновидной деформацией тела позвонка, в связи с чем, без детального исследования анатомических и рентгеноморфологических изменений позвонков введение имплантов представляло значительную сложность. Правильная фиксация апикальных позвонков обеспечивает профилактику ротации и перелома стержней. Знание минеральной плотности позвонков, их денситометрической плотности крайне необходимо для определения точек фиксации с целью предотвращения дислокации имплантов, в частности для выбора

их диаметра [27]. В зависимости от уровня фиксации, если позволяет ножка дуги позвонка, в зоне с меньшей плотностью необходимо использовать имплант с большим диаметром для получения более надёжной фиксации [27]. Знание формы позвонка, размеров ножки дуги необходимо для планирования направления и угла введения имплантов. Нужно обязательно учитывать торсию позвонков с сопутствующими изменениями ножек дуг, через которые проводятся импланты в тело позвонков. Полученные данные позволяют также определять протяженность и уровень фиксации, которая в большинстве случаев ограничивалась Th2-L2 (L3, L4), без низкой стабилизации, ориентируясь на точные данные о протяженности сколиотических дуг, расположении и состоянии апикального позвонка, нейтральных каудальных и краиниальных позвонков, их структурных характеристик. Детальное предоперационное МСКТ-изучение изменений позвонков позволяет выявить все нюансы их ана-

томии и архитектоники и гарантировать получение хорошего результата, предотвращать послеоперационные осложнения. Необходимо учитывать также изменение тазобедренного сустава, которое вместе с деформацией позвоночника влияет на опорную функцию конечности и биомеханику стоп [28].

Известно, что паравертебральным мышцам отводится важнейшая роль в поддержании физиологической формы позвоночника и развитии его патологических состояний [29]. Особенностью паравертебральных мышц является их многофункциональность и органическая связь с позвоночником: эти мышцы являются не только функциональным, но и структурным элементом позвоночника, без которого его прочность была бы минимальной [30]. МСКТ и МРТ позвоночника позволили выявить анатомические и структурные изменения паравертебральных мышц, в том числе асимметрию продольных размеров и толщины, отличия плотности мышц на выпуклой и вогнутой сторонах, фиброзные и жировые перерождения у больных ИС, связанные с величиной и уровнем деформации, что совпадает с данными Д.О. Рыбка с соавт., 2019 и J. Jiang et al., 2017 [31, 32]. Морфологические исследования также подтверждают изменения паравертебральных мышц в зависимости от величины деформации [33]. Найденные изменения, по нашему мнению, входят в понятие «синдромокомплекс идиопатического сколиоза» и должны учитываться при оценке его тяжести и планировании операции. В частности, при выполнении хирургического вмешательства необходима минимальная травматизация паравертебральных мышц на вогнутой стороне деформации, где они максимально изменены [34]. Возможно, при выявлении массивного фиброза или жирового перерождения паравертебральных мышц необходима дополнительная подготовка к операции (электростимуляция, комплексы ЛФК), а после операции - длительная реабилитация или даже корсетирование на определенный промежуток времени.

С учетом выявленных изменений и роли ягодичных мышц в функционировании позвоночника и тазобедренных суставов необходима не только предоперационная подготовка пациентов с выраженными изменениями ягодичных мышц, но и длительная реабилитация в послеоперационном периоде. Сбалансированное состояние ягодичных мышц играет огромную роль в поддержании правильного стереотипа удержания вертикального положения, сидения, движения в нижних конечностях [35]. Гипотрофия, жировое перерождение, снижение или повышение тонуса ягодичных мышц приводят к нарушению физиологического лор-

доза на пояснично-крестцовом уровне, способствуют гипертонусу подвздошно-поясничных мышц, приводя к изменениям в тазобедренных суставах и позвоночнике. Разработанные системы ЛФК, кинезитерапии, которые необходимо применять у больных ИС до и после операции, способствуют нормализации тонуса ягодичных мышц, устранению дисбаланса, формированию физиологической биомеханики тазобедренного сустава, улучшают функцию позвоночника.

Анализ минерального обмена и костного метаболизма у больных ИС позволил выявить нарушения, связанные как с обменом кальция и фосфора, так и изменением показателей щелочной фосфатазы, уровня витамина 25(OH)D, P1NP, дезоксиридинолина (ДПИД), что совпадает с данными Е.Н. Бахтиной с соавторами [36].

В связи с этим возникает вопрос о коррекции имеющихся нарушений, в частности витамина 25(OH)D, уровень которого может быть компенсирован для предотвращения последствий его дефицита. В «Проекте федеральных клинических рекомендаций по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D» указано, что «... дефицит витамина D – это состояние, характеризующееся снижением концентрации 25(OH)D в сыворотке крови ниже оптимальных значений, которое может потенциально приводить к субоптимальному всасыванию кальция в кишечнике, развитию вторичного гиперпаратиреоза и повышению риска переломов, особенно у пожилых лиц» [37]. По мнению R.P. Heaney и M.F. Holick et al., «... дефицит витамина D приводит к нарушению кальций-фосфорного и костного обменов. Вследствие снижения всасывания в кишечнике поступающего с пищей кальция увеличивается уровень ПТГ и развивается вторичный гиперпаратиреоз, который поддерживает нормальный уровень кальция сыворотки крови за счет мобилизации его из скелета» [38, 39]. Для больных ИС это крайне опасно, поскольку снижение минеральной плотности кости может приводить к дислокации имплантов, вводимых в позвонки, способствовать замедлению формирования костного блока [40]. Кроме того, дефицит витамина D приводит к миопатии, что также крайне нежелательно при лечении больных ИС. В связи с этим необходимость исследования у пациентов с ИС витамина D крайне важна для своевременной нормализации его уровня. При выявлении дефицита витамина D (25(OH)D) рекомендуется оценить уровни кальция, скорректированного на альбумин, фосфора, щелочной фосфатазы, ПТГ, креатинина, магния сыворотки крови [41]. Все эти исследования были выполнены у обследованной группы больных, за исключением магния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выраженные нарушения формы, в том числе увеличение фронтального диаметра, рентгеноморфологические изменения позвонков, проявляющиеся в уменьшении плотности, наличии зон разрежения в теле позвонка и участков максимальной плотности на вершине деформации, гипотрофия и жировое перерождение паравертебральных и ягодичных мышц,

сопутствующие изменения МПКТ, тазобедренного сустава, минерального обмена и костного метаболизма, входят в понятие «синдромокомплекс» идиопатического сколиоза, лежат в основе тактической концепции для диагностики, лечения и дальнейших реабилитационных мероприятий больных с тяжелыми формами сколиоза.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Chiru M. Adolescent idiopathic scoliosis and osteopenia. *Maedica* (Bucur). 2011 Jan;6(1):17-22.
2. Горбач А.П., Сергеев О.М., Шурова Е.Н. Идиопатический сколиоз как мультифакторное заболевание: систематизированный обзор современной литературы. *Хирургия позвоночника*. 2022;19(2):19-32. doi: 10.14531/ss2022.2.19-32
3. Burwell RG, Clark EM, Dangerfield PH, Moulton A. Adolescent idiopathic scoliosis (AIS): a multifactorial cascade concept for pathogenesis and embryonic origin. *Scoliosis Spinal Disord*. 2016 Jan 30;11:8. doi: 10.1186/s13013-016-0063-1
4. Goździalska A, Jaśkiewicz J, Knapik-Czajka M, Drag J, Gawlik M, Cieśla M, Kulis A, Zarzycki D, Lipik E. Association of Calcium and Phosphate Balance, Vitamin D, PTH, and Calcitonin in Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* (Phila Pa 1976). 2016 Apr;41(8):693-697. doi: 10.1097/BRS.0000000000001286
5. Beling A, Hresko MT, DeWitt L, Miller PE, Pitts SA, Emans JB, Hedequist DJ, Glotzbecker MP. Vitamin D levels and pain outcomes in adolescent idiopathic scoliosis patients undergoing spine fusion. *Spine Deform*. 2021 Jul;9(4):997-1004. doi: 10.1007/s43590-021-00313-7
6. Park YH, Park YS, Chang HJ, Kim Y. Correlations between MRI findings and outcome of capsular distension in adhesive capsulitis of the shoulder. *J Phys Ther Sci*. 2016 Oct;28(10):2798-2802. doi: 10.1589/jpts.28.2798
7. Cheuk KY, Hu Y, Tam EMS, Shi L, Yu FWP, Hung VWY, Lai KCY, Cheng WHW, Yip BHK, Qin L, Ng BKW, Chu WCW, Griffith J, Guo XE, Cheng JCY, Lam TP. Bone measurements at multiple skeletal sites in adolescent idiopathic scoliosis-an in vivo correlation study using DXA, HR-pQCT and QCT. *Arch Osteoporos*. 2019 Jun 27;14(1):70. doi: 10.1007/s11657-019-0621-2
8. Karski J, Karski T, Kendzierski G, Tarczyńska M, Kałakucki J. "Contracture syndrome" in newborns and infants according to Prof. Hans Mau as an explanation of the "geography" and certain clinical features of idiopathic scoliosis. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2005 Feb 28;7(1):23-27.
9. Норкин И.А., Лихачев С.В., Зарецков В.В., Арсениевич В.Б., Шульга А.Е., Степухович С.В., Зарецков А.В., Сумин Д.Ю., Битокова К.Т. Компьютерная томография как составляющая предоперационного планирования металлофиксации переходных отделов позвоночника при коррекции сколиотических деформаций гибридными конструкциями. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2018;99(3):139-146. doi: 10.20862/0042-4676-2018-99-3-139-146
10. Нуруллина Г.М., Ахмадуллина Г.И. Костное ремоделирование в норме и при первичном остеопорозе: значение маркеров костного ремоделирования. *Архивъ внутренней медицины*. 2018; 8(2): 100-110. doi: 10.20514/2226-6704-2018-8-2-100-110
11. Шурова Е.Н., Филимонова Г.Н., Рябых С.О. Влияние величины деформации в грудном отделе позвоночника на морфологическую картину параспинальных мышц у больных с идиопатическим сколиозом тяжелой степени. *Гений ортопедии*. 2021;27(1):68-73. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-68-73
12. Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Филиппова А.Н., Баиндурашвили А.Г., Барт В.А., Хусаинов Н.О. Анатомо-антропометрические особенности костных структур тел позвонков у детей с идиопатическим сколиозом типа Lenke III. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(1):92-103. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-92-103
13. Зейналов Ю.Л., Дьячкова Г.В., Дьячков К.А., Ларионова Т.А. Количественная оценка рентгеноморфологических особенностей проксимального отдела бедренной кости у больных идиопатическим сколиозом в зависимости от величины деформации позвоночника. *Вестник российского научного центра рентгенодиагностики*. 2021;21(2):72-89.
14. Zhu DC, Lin JH, Xu JJ, Guo Q, Wang YH, Jiang C, Lu HG, Wu YS. An assessment of morphological and pathological changes in paravertebral muscle degeneration using imaging and histological analysis: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021 Oct 8;22(1):854. doi: 10.1186/s12891-021-04734-3
15. Çağan L, Cerbu S, Amarica E, Suci O, Horhat DI, Popoiu CM, Adam O, Boia E. Assessment of Static Plantar Pressure, Stabilometry, Vitamin D and Bone Mineral Density in Female Adolescents with Moderate Idiopathic Scoliosis. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Mar 24;17(6):2167. doi: 10.3390/ijerph17062167
16. Гайдышев И.П. Программа анализа данных AtteStat (64-разрядная ОС). URL: https://www.studmed.ru/programma-analiza-dannyh-attestat-125-64-bit_464f4364e9f.html (дата обращения: 29.09.2019).
17. Способ количественной оценки степени изменения ягодичных мышц у больных идиопатическим сколиозом : пат. 2 727 449 Рос. Федерация, МПК7 А61В 6/00 / Дьячкова Г.В.(RU), Губин А.В. (RU), Зейналов Ю.Л. (RU), Дьячков К.А.(RU), Сутягин И. В.(RU) ; заявитель и патентообладатель ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России (RU). 2019127995/14; заявл.05.09.2019; опубл. 21.07.2020, Бюл. № 21.
18. Зейналов Ю.Л., Дьячкова Г.В., Бурцев А.В., Дьячков К.А., Сутягин И.В., Ларионова Т.А. Компьютерно-томографическая семиотика апикальных позвонков у больных идиопатическим сколиозом в возрасте от 14 до 18 лет в зависимости от величины деформации позвоночника. *Радиология – практика*. 2021;(5):11-27.
19. Зейналов Ю.Л., Чертков А.К., Дьячкова Г.В., Дьячков К.А., Ларионова Т.А. Рентгеноморфологические особенности позвонков при идиопатическом сколиозе высокой степени риска. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2019;15(4):861-868.
20. Зейналов Ю.Л., Дьячкова Г.В., Дьячков К.А., Ларионова Т.А. МСКТ-картина рентгено-морфологических изменений параспинальных мышц у больных идиопатическим сколиозом различной степени тяжести при естественном течении. *Вестник Российского научного центра рентгенодиагностики Минздрава России*. 2018;18(3):69-86.
21. Keller A, Brox JI, Gunderson R, Holm I, Friis A, Reikerås O. Trunk muscle strength, cross-sectional area, and density in patients with chronic low back pain randomized to lumbar fusion or cognitive intervention and exercises. *Spine* (Phila Pa 1976). 2004 Jan 1;29(1):3-8. doi: 10.1097/01.BRS.0000103946.26548.EB
22. Storheim K, Berg L, Hellum C, Gjertsen Ø, Neckelmann G, Espeland A, Keller A; Norwegian Spine Study Group. Fat in the lumbar multifidus muscles – predictive value and change following disc prosthesis surgery and multidisciplinary rehabilitation in patients with chronic low back pain and degenerative disc: 2-year follow-up of a randomized trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017 Apr 4;18(1):145. doi: 10.1186/s12891-017-1505-5
23. Дьячкова Г.В., Зейналов Ю., Корабельников М.А., Дьячков К.А., Ларионова Т.А., Сутягин И.В. МСКТ в диагностике изменений ягодичных мышц у больных сколиозом в различном возрасте и с различной величиной деформации до лечения. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2020;101(3):147-154.
24. Зейналов Ю.Л., Дьячкова Г.В., Губин А.В., Сутягин И.В., Ларионова Т.А., Дьячков К.А. Показатели кальциевого обмена и маркеры костеобразования у больных идиопатическим сколиозом в зависимости от возраста. *Забайкальский медицинский вестник*. 2021;(2):47-55. doi: 10.52485/19986173_2021_2_47
25. Зейналов Ю.Л., Дьячкова Г.В., Бурцев А.В., Сутягин И.В., Дьячков К.А. Минеральный и костный метаболизм у больных идиопатическим сколиозом в зависимости от величины деформации. *Инновационная медицина Кубани*. 2022;(2):51-58. doi: 10.35401/2541-9897-2022-25-2-51-58
26. Nash CL Jr, Moe JH. A study of vertebral rotation. *J Bone Joint Surg Am*. 1969 Mar;51(2):223-229.
27. Колесов С.В., Колбовский Д.А., Казьмин А.И., Морозова Н.С. Применение стержней из нитинола при хирургическом лечении дегенеративных заболеваний позвоночника с фиксацией пояснично-крестцового перехода. *Хирургия позвоночника*. 2016;13(1):41-49. doi: 10.14531/ss2016.1.41-49
28. Никитюк И.Е., Виссарионов С.В. Особенности опорной функции стоп у детей с тяжелыми формами идиопатического сколиоза до и после хирургического лечения. *Гений ортопедии*. 2021;27(6):758-766. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-6-758-766
29. Еликбаев Г., Хачатрян В., Осипов И., Сарычев С. Эпидемиология и ранняя диагностика врожденных пороков развития позвоночника и спинного мозга. *Вопросы современной педиатрии*. 2008;7(4):58-61.
30. Бернштейн Н.А. Общая биомеханика. М., 1926.

31. Рыбка Д.О., Шарова Л.Е., Дудин М.Г. Возможности эхографии в оценке состояния паравертебральных мышц поясничного отдела позвоночника у детей с начальными проявлениями идиопатического сколиоза. *Вестник восстановительной медицины*. 2019;(6):11-16.
32. Jiang J, Meng Y, Jin X, Zhang C, Zhao J, Wang C, Gao R, Zhou X. Volumetric and Fatty Infiltration Imbalance of Deep Paravertebral Muscles in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Med Sci Monit*. 2017 May 2;23:2089-2095. doi: 10.12659/msm.902455
33. Щурова Е.Н., Филимонова Г.Н., Рябых С.О. Влияние величины деформации в грудном отделе позвоночника на морфологическую картину параспинальных мышц у больных с идиопатическим сколиозом тяжелой степени. *Гений ортопедии*. 2021;27(1):68-73. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-68-73
34. Elliott JM, Zylstra ED, Centeno CJ. The presence and utilization of psoas musculature despite congenital absence of the right hip. *Man Ther*. 2004 May;9(2):109-113. doi: 10.1016/S1556-689X(03)00128-0
35. Дубровский В.И., Федорова В.Н. Биомеханика. М.: Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. 672 с.: ил.
36. Бахтина Е.Н., Родионова С.С., Кулешов А.А., Колесов С.В. Особенности костного метаболизма у больных с идиопатическим сколиозом (предварительное сообщение). *Остеопороз и остеопатии*. 2016;19(2):71-71. doi: 10.14341/osteo2016271-71
37. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Мокрышева Н.Г., Пигарова Е.А., Поваляева А.А., Рожинская Л.Я., Белая Ж.Е., Дзеранова Л.К., Каронова Т.Л., Суплотова Л.А., Трошина Е.А. Проект федеральных клинических рекомендаций по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D. *Остеопороз и остеопатии*. 2021;24(4):4-26. (in Russian) doi: 10.14341/osteo12937
38. Heaney RP. Functional indices of vitamin D status and ramifications of vitamin D deficiency. *Am J Clin Nutr*. 2004 Dec;80(6 Suppl):1706S-1709S. doi: 10.1093/ajcn/80.6.1706S
39. Holick MF, Siris ES, Binkley N, Beard MK, Khan A, Katzer JT, Petruschke RA, Chen E, de Papp AE. Prevalence of Vitamin D inadequacy among postmenopausal North American women receiving osteoporosis therapy. *J Clin Endocrinol Metab*. 2005 Jun;90(6):3215-3224. doi: 10.1210/jc.2004-2364
40. Бердюгина О.В. Анализ вероятности возникновения периимпантной инфекции и ее последствия при внешней транспедикулярной фиксации позвоночника. *Гений ортопедии*. 2021;27(6):732-739. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-6-732-739
41. Thode J. Ionized calcium and cyclic AMP in plasma and urine. Biochemical evaluation in calcium metabolic disease. *Scand J Clin Lab Invest Suppl*. 1990;197:1-45.

Статья поступила в редакцию 04.08.2022; одобрена после рецензирования 17.08.2022; принята к публикации 16.12.2022.

The article was submitted 04.08.2022; approved after reviewing 17.08.2022; accepted for publication 16.12.2022.

Информация об авторах:

1. Юсиф Латифович Зейналов – кандидат медицинских наук, z.l.yusif@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6390-0423>;
2. Александр Владимирович Бурцев – доктор медицинских наук, bav31rus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8968-6528>;
3. Галина Викторовна Дьячкова – доктор медицинских наук, профессор, dgv2003@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1973-4680>;
4. Константин Александрович Дьячков – доктор медицинских наук, dka_doc@mail.ru.

Information about the authors:

1. Yusif L. Zeynalov – Candidate of Medical Sciences, z.l.yusif@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6390-0423>;
2. Alexander V. Burtsev – Doctor of Medical Sciences, bav31rus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8968-6528>;
3. Galina V. Diachkova – Doctor of Medical Sciences, Professor, dgv2003@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1973-4680>;
4. Konstantin A. Diachkov – Doctor of Medical Sciences, dka_doc@mail.ru.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Исследование не финансировалось из каких-либо источников.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.