



## Минеральный и костный метаболизм у больных идиопатическим сколиозом, в зависимости от величины деформации

© Ю.Л. Зейналов<sup>1\*</sup>, Г.В. Дьячкова<sup>2</sup>, А.В. Бурцев<sup>2</sup>, И.В. Сутягин<sup>2</sup>, К.А. Дьячков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Госпиталь Военно-Медицинского Управления Службы Государственной Безопасности Азербайджанской Республики, Баку, Республика Азербайджан

<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия

\*Ю.Л. Зейналов, Госпиталь Военно-Медицинского Управления Службы Государственной Безопасности Азербайджанской Республики, AZ1000, пос. Бадамдар, Сабаильский район, г. Баку, ул. Мектебли, 1, z.l.yusif@rambler.ru

Поступила в редакцию 15 февраля 2022 г. Исправлена 28 февраля 2022 г. Принята к печати 5 марта 2022 г.

### Резюме

**Цель работы:** Анализ результатов изучения минерального обмена и маркеров костеобразования у больных идиопатическим сколиозом, в зависимости от величины деформации.

**Материал и методы:** На основе ретроспективного одноцентрового исследования у 30 больных сколиозом до операции изучали показатели кальциевого обмена (общий и ионизированный кальций, паратгормон, кальций суточной мочи), фосфора, маркеры костеобразования (щелочная фосфатаза, остеокальцин, P1NP в крови), дезоксиридинолин утренней мочи, уровень в крови 25(OH)D. Все пациенты были разделены на 3 группы: с величиной деформации 25–40° (группа 1), 40–60° (группа 2) и 60–80° (группа 3) (n = 30). Средний возраст во всех группах составил 18,5 ± 4,7 года.

**Результаты:** У больных идиопатическим сколиозом щелочная фосфатаза и P1NP достоверно превышали нормальные показатели в 1-й группе, что свидетельствовало о более высокооборотном типе костного ремоделирования при дефицитном уровне 25(OH)D. Более высокая экскреция дезоксиридинолина и снижение показателей фосфора в крови у больных с деформацией 60–80° позволяют предположить нарушение соотношения процессов синтеза и резорбции в костной ткани.

**Заключение:** Изучение минерального обмена и всех основных маркеров костеобразования позволило создать более полную картину состояния обменных процессов в костной ткани, получить достоверные данные о влиянии некоторых из них на характер костного ремоделирования и величину деформации позвоночника.

**Ключевые слова:** идиопатический сколиоз, кальциевый обмен, маркеры костеобразования

**Цитировать:** 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. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2022-25-2-51-58>

## Mineral and bone metabolism in patients with idiopathic scoliosis depending on the magnitude of the deformity

© Yusif L. Zeynalov<sup>1\*</sup>, Galina V. Diachkova<sup>2</sup>, Alexander V. Burtsev<sup>2</sup>, Ilya V. Sutyagin<sup>2</sup>, Konstantin A. Diachkov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hospital of the Military Medical Department of the State Security Service of the Republic of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan

<sup>2</sup> National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

\*Yusif L. Zeynalov, Hospital of the Military Medical Department of the State Security Service of the Republic of Azerbaijan, Baku, Sabail district, Badamdar village, 1, Mektebli str., Azerbaijan, AZ1000, z.l.yusif@rambler.ru

Received: February 15, 2022. Received in revised form: February 28, 2022. Accepted: March 5, 2022.

### Abstract

**Objective:** Analysis of the results of the study of mineral metabolism and bone formation markers in patients with idiopathic scoliosis, depending on the magnitude of the deformity.

**Material and methods:** Based on the retrospective single-center study in 30 patients diagnosed with scoliosis the preoperative parameters of calcium metabolism (total and ionized calcium, parathyroid hormone, 24-hour urine calcium), phosphorus, bone formation markers (alkaline phosphatase, osteocalcin, P1NP in the blood), deoxypyridinoline in morning urine, blood levels of 25(OH)D have been analyzed. The patients were divided into 3 groups: with a deformity of 25–40° (group 1), 40–60° (group 2) and 60–80° (group 3) (n = 30). The mean age in all groups was 18.5 ± 4.7.

**Results:** In patients with idiopathic scoliosis, alkaline phosphatase and P1NP significantly exceeded normal values in the first group, which indicated a more high-turnover type of bone remodeling with a deficient level of 25(OH)D. A higher excretion of deoxypyridinoline and a decrease in phosphorus in blood in patients with a deformity of 60–80° suggest a violation of the ratio of the processes of synthesis and resorption in bone tissue.



**Conclusion:** The study of mineral metabolism and all the main markers of bone formation made it possible to obtain a more complete picture of the state of metabolic processes in bone tissue, to obtain reliable data on the effect of some of them on the nature of bone remodeling and the magnitude of spinal deformity.

**Keywords:** idiopathic scoliosis, calcium metabolism, markers of bone formation

**Cite this article as:** Zeynalov Y.L., Diachkova G.V., Burtsev A.V., Sutyagin I.V., Diachkov K.A. Mineral and bone metabolism in patients with idiopathic scoliosis depending on the magnitude of the deformity. *Innovative Medicine of Kuban.* 2022;(2):51–58. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2022-25-2-51-58>

## Введение

Существует достаточно большое количество исследований по изучению минеральной плотности кости (МПК) для решения вопроса о наличии остеопороза у больных идиопатическим сколиозом (ИС) [1–5]. Доказано наличие остеопении у больных ИС, признаки нарушения структуры кости, касающиеся как качества трабекул, так и архитектоники [6–8]. Установлено, что с увеличением степени деформации позвоночника у детей и подростков при ИС увеличивается частота выявления сниженной минеральной плотности костной ткани [1]. В 2016 г. В.Н.К. Уір и соавт. выявили, что у пациенток с ИС, имеющих низкую плотность костной ткани, риск прогрессирования увеличивается в зависимости от исходной величины деформации [3]. Исследование Х. Sun и соавт. (2013) показало, что у пациенток с углом деформации по методу Кобба  $32,3 \pm 6,6^\circ$  чаще обнаруживали девочек с остеопенией с более низкой степенью Risser, в сравнении с группой пациенток с меньшим углом деформации ( $29,1 \pm 5,3^\circ$ ) [9]. Кроме того, проведены исследования уровня остеопротегерина (OPG) и остеокальцина (OST), паратгормона (fs-PTH), витамина D, состояния минерального обмена (кальций, фосфор) [4, 5, 10, 11–13]. В 2015 г. К. Ishida и соавт. изучали минеральную плотность кости и костный метаболизм у пациентов с ИС с использованием маркеров костного метаболизма BAP (Bone Alkaline Phosphatase) и TRAP5b (Tartrate-resistant Acid Phosphatase serum band 5). Пациенты с ИС с высокими значениями TRAP5b имели более низкий Z-критерий, чем пациенты с нормальными значениями этого маркера. Авторы связывают более высокую скорость резорбции кости с низкой плотностью костной ткани у пациентов с ИС [4].

В 2020 г. А. Herdea и соавт. опубликовали вывод, что положительная корреляция между витамином D и уровнем кальция вместе с отрицательной корреляцией с углом Кобба являются основанием для обязательного изучения уровня витамина D у всех пациентов с ИС [11]. Данные о значимой корреляции угла Кобба с Z-критерием ( $r = -0,39$ ,  $p = 0,02$ ) найдены в работе L. Saçan и соавт. [5]. В проведенных исследованиях изучены отдельные фрагменты минерального обмена и маркеров костеобразования, не во всех из них четко прослежена взаимосвязь нарушений минерального обмена или минеральной плотности костной ткани с величиной деформации позвоночника, что послужило основанием для выполнения данной работы.

## Цель работы

Анализ результатов изучения минерального обмена и маркеров костеобразования у больных идиопатическим сколиозом, в зависимости от величины деформации.

## Материал и методы исследования

Проведено ретроспективное одноцентровое исследование. У 30 больных сколиозом, разделенных на 3 группы: с величиной деформации  $25-40^\circ$  (1-я группа),  $40-60^\circ$  (2-я группа) и  $60-80^\circ$  (3-я группа) ( $n = 30$ ) до операции изучали показатели кальциевого обмена (общий и ионизированный кальций, паратгормон, кальций суточной мочи), уровень фосфора, маркеры костеобразования (щелочная фосфатаза, остеокальцин, P1NP в крови), дезоксипиридинолин (ДПИД) утренней мочи, уровень в крови 25 (ОН)D. Средний возраст больных во всех группах составил  $18,5 \pm 4,7$  года. При отдельном определении среднего возраста в 1-й группе отмечено некоторое отличие от 2-й и 3-й ( $16,1 \pm 2,4$  года).

Больные обследованы во время подготовки к операции по устранению идиопатического сколиоза в 2018–2020 гг. в специализированной клинике. Критерии включения в исследование: возраст пациентов на момент обследования от 14 до 20 лет; наличие идиопатического сколиоза груднопоясничного отдела позвоночника; деформация позвоночника в пределах от  $25$  до  $80^\circ$  по Кобба. Критерии исключения: деформация позвоночника  $< 20^\circ$  и  $> 80^\circ$ , возраст пациентов  $< 14$  и  $> 20$  лет, врожденный или нейромышечный сколиоз. 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. Для определения степени деформации все пациенты обследованы методом рентгенографии и компьютерной томографии. Работа осуществлялась в соответствии с 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. Статистическую обработку проводили с помощью программы AtteStat (64-разрядная ОС) [9]. Проверку нормальности распределения количественных данных выполняли с использованием

критерия Колмогорова-Смирнова. Для выявления различий между группами по количественным показателям применяли критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони. Уровень статистической значимости различий при проверке статистических гипотез принимался равным  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования

Определение концентрации кальция и фосфора у больных идиопатическим сколиозом обосновано связью их с обменом паратгормона, кальцитонина, активной формой витамина D3. Изучение показателей минерального обмена и маркеров костеобразования проведено нами в зависимости от величины деформации, поскольку есть исследования, свидетельствующие о взаимосвязи снижения МПК и прогрессирующей деформации, а все перечисленные выше показатели кальциевого обмена и маркеры костеобразования влияют на состояние костной ткани позвонков [1, 4, 6].

При изучении кальция мочи достоверных отличий по группам не выявлено, но во 2-й и 3-й группах его

содержание было несколько ниже нормы. Что касается кальция крови, то в 3-й группе этот показатель был достоверно ниже, чем в первых двух (рис. 1).

Также определен уровень ионизированного кальция, как более информативного показателя, по сравнению с общим кальцием, для диагностики гиперкальциемических состояний. У пациентов 2-й группы показатель был выше, чем в 1-й и 3-й (рис. 2).

Дополнительно с определением кальция крови изучены показатели фосфора в крови, поскольку концентрация фосфора зависит от реабсорбции фосфатов в канальцах почек, соотношения процессов синтеза и резорбции в костной ткани. В 3-й группе показатель был достоверно ниже (рис. 3).

Исследование маркеров костного формирования показало, что уровень щелочной фосфатазы в 1-й группе был повышен, во 2-й и 3-й укладывался в референсные значения (рис. 4).

Показатель одного из маркеров костеобразования P1NP (N-терминальный пропептид проколлагена 1-го типа) достоверно снижался по мере увеличения

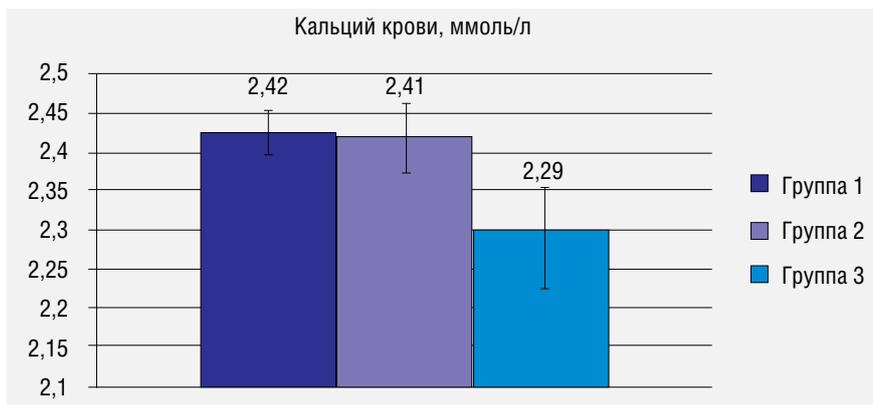


Рисунок 1. Диаграмма содержания кальция крови у больных идиопатическим сколиозом, в зависимости от величины деформации

Figure 1. Diagram of the amount of blood calcium in patients with idiopathic scoliosis depending on the magnitude of the deformity

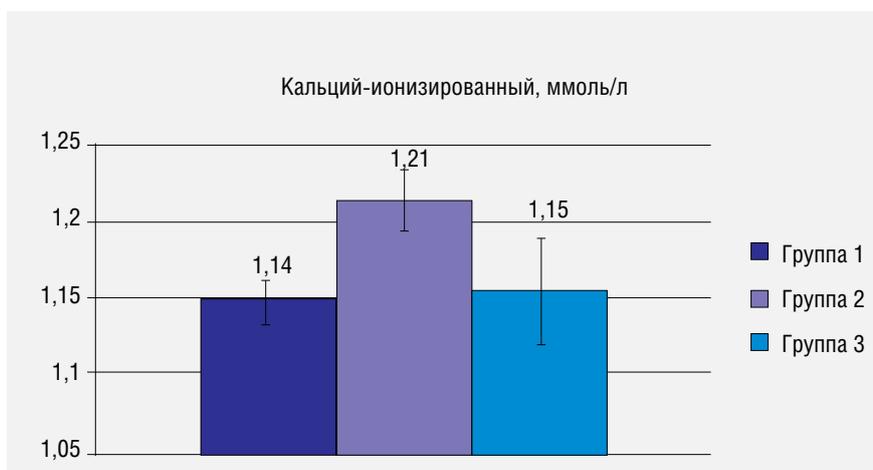


Рисунок 2. Диаграмма содержания ионизированного кальция крови у больных идиопатическим сколиозом, в зависимости от величины деформации

Figure 2. Diagram of the amount of ionized blood calcium in patients with idiopathic scoliosis depending on the magnitude of the deformity

деформации позвоночника. В 1-й группе был повышен, что свидетельствовало о нарушенном соотношении разрушения и формирования костного матрикса, увеличении продукции коллагена 1-го типа и, соответственно, P1NP, характерного для высокооборотного типа костного ремоделирования. Во 2-й и 3-й группах P1NP был в пределах нормы (рис. 5).

Кроме того, было проведено исследование уровня витамина D (25-ОН D3) для выявления вторичного гиперпаратиреоза, маркером которого он является, что сопровождается остеокластической резорбцией кости, снижением ее плотности и изменением архитектоники [14, 16, 23]. По нашим данным, содержание витамина D (25-ОН D3) указывало на дефицит в 1-й и 2-й группах (< 20 нг/мл), было недостоверно выше, но недостаточным в 3-й группе (концентрация 25 (ОН)D от 20 до 30 нг/мл) (рис. 6).

Определение остеокальцина (ОК), как наиболее чувствительного маркера метаболизма костной ткани

было продиктовано необходимостью выявления метаболической активности остеобластов костной ткани. Остеокальцин относится к продуктам нового синтеза, а не освобождения его при резорбции кости. ОК является показателем уровня костного метаболизма в целом, а также возможным прогностическим индикатором более тяжелого течения заболевания костей. Во всех 3-х группах ОК был в пределах нормы без достоверных различий (рис. 7).

ДПИД относится к продуктам деградации коллагена костной ткани и является высокоспецифичным маркером резорбции костной ткани. Быстро реагирует на изменения в ремоделировании кости, «информирует» об активности процесса, является ранним диагностическим критерием. В нашем исследовании более высокая экскреция ДПИД выявлена в 3-й группе, что свидетельствует о более высокой скорости резорбции кости у пациентов данной группы (рис. 8).

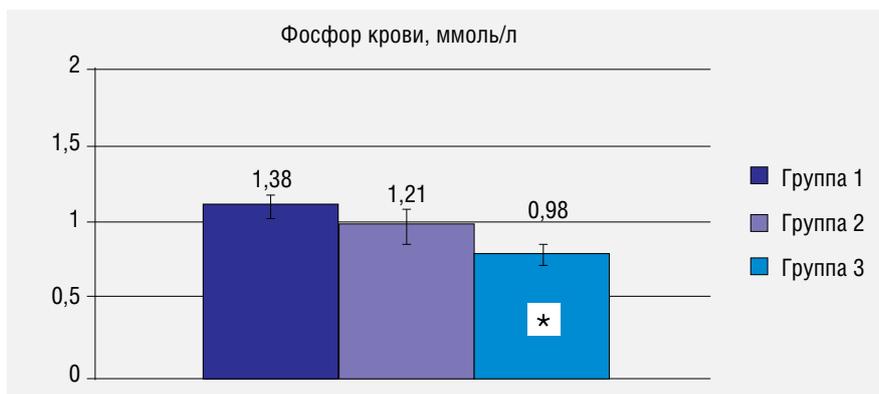


Рисунок 3. Диаграмма содержания фосфора крови у больных идиопатическим сколиозом, в зависимости от величины деформации

Прим.: (\* –  $p < 0,05$ )

Figure 3. Diagram of the amount of blood phosphorus in patients with idiopathic scoliosis depending on the magnitude of the deformity

Notes: (\* –  $p < 0.05$ )



Рисунок 4. Диаграмма показателей щелочной фосфатазы у пациентов трех групп

Прим.: \* – достоверные различия в 1-й группе от 2-й и 3-й ( $p < 0,05$ )

Figure 4. Diagram of alkaline phosphatase indices in patients of three groups

Notes: \* – significant differences in the first group from the second and third ( $p < 0.05$ )

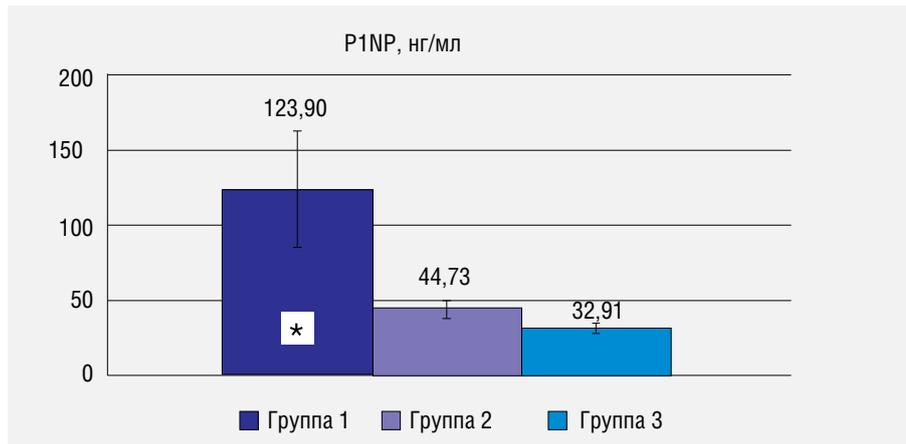


Рисунок 5. Гистограмма показателей P1NP у больных идиопатическим сколиозом, в зависимости от величины деформации  
 Figure 5. Histogram of P1NP parameters in patients with idiopathic scoliosis depending on the magnitude of the deformity

Прим.: \* – достоверные различия в первой группе от второй и третьей ( $p < 0,05$ )  
 Notes: \* – significant differences in the first group from the second and third ( $p < 0.05$ )

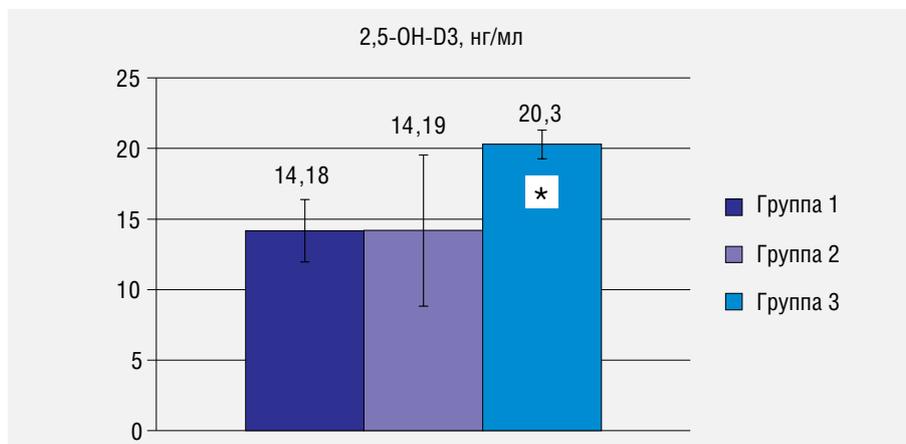


Рисунок 6. Гистограмма, отражающая содержание витамина D (25-ОН D3) у больных идеопатическим сколиозом, в зависимости от величины деформации сколиотической дуги. Группы 1 и 2 – дефицит, группа 3 – недостаточность (\*–  $p < 0,05$ )  
 Figure 6. Histogram showing the amount of vitamin D (25-OH D3) in patients with idiopathic scoliosis depending on the magnitude of the scoliotic curve deformity. Groups 1 and 2 – deficiency, group 3 – insufficiency (\*–  $p < 0.05$ )

Определение паратиреоидного гормона было обусловлено тем, что он относится к одному из основных регуляторов кальциевого обмена в организме. Снижает выделение кальция и увеличивает выделение фосфора из организма с мочой, действуя на каналцы почек. Способствует поступлению кальция и фосфата из костей в кровь, угнетая активность остеобластов; активируя остециты и остеокласты, способствует увеличению пула остеокластов. В обследованных группах больных уровень ПТГ достоверно не различался (рис. 9).

### Обсуждение результатов

Результаты работы показали, что у больных идиопатическим сколиозом щелочная фосфатаза и P1NP достоверно превышали нормальные показатели в 1-й группе, тогда как во 2-й и 3-й они были в пределах нормы. Это свидетельствует о более высокооборотном типе костного ремоделирования у больных данной группы и необходимости дополнительных предоперационных обследований, в частности, изучения минеральной

плотности позвонков. Следует заметить, что в 1-й группе средний возраст был несколько ниже, чем во 2-й и 3-й, чем можно объяснить полученные данные в работе Е. Н. Бахтиной и соавт. (2016), где указано, что у всех детей с ИС уровень 25 (ОН)D был снижен до дефицита [14]. Учитывая, что уровень в крови 25 (ОН)D был дефицитным в 1-й группе и недостаточным во 2-й и 3-й, у всех пациентов может иметь место вторичный гиперпаратиреоз, приводящий к остеокластической резорбции кости, снижению ее плотности и изменению архитектоники. Возможно, в данной ситуации требуется коррекция содержания витамина D, однако это должно быть объектом специального исследования. В работе А. Herdea и соавт. (2020), изучение уровня витамина D и кальция проведено у 101 пациента с ИС (средний возраст  $11,61 \pm 2,33$ ) Средний угол Кобба составил  $26,21 \pm 12,37^\circ$ . Уровень витамина D –  $24 \text{ нг/мл} \pm 9,64$ . Значения кальция были в пределах нормы, в среднем  $9,82 \text{ мг/дл} \pm 0,42$ . Группа мужчин показала более низкие уровни витамина D по сравнению с группой женщин

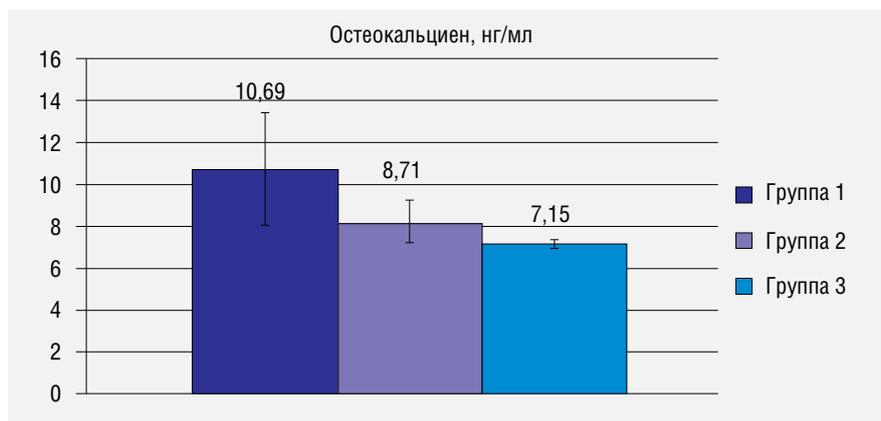


Рисунок 7. Гистограмма, отражающая содержание остеокальцина у больных идеопатическим сколиозом, в зависимости от величины деформации  
 Figure 7. Histogram showing the amount of osteocalcin in patients with idiopathic scoliosis depending on the magnitude of the deformity

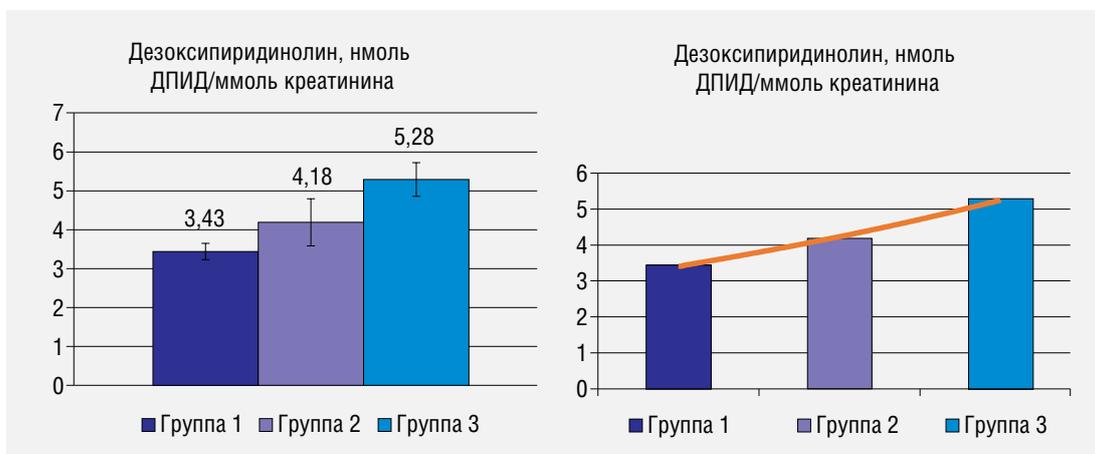


Рисунок 8. Гистограмма, отражающая содержание ДПД у больных идеопатическим сколиозом, в зависимости от величины деформации. Показатели достоверно повышаются в группах 1 и 3, коррелируя с тяжестью сколиоза  
 Figure 8. Histogram showing the amount of DPD in patients with idiopathic scoliosis depending on the magnitude of the deformity. The indicators significantly increase in groups 1 and 3, correlating with the severity of scoliosis

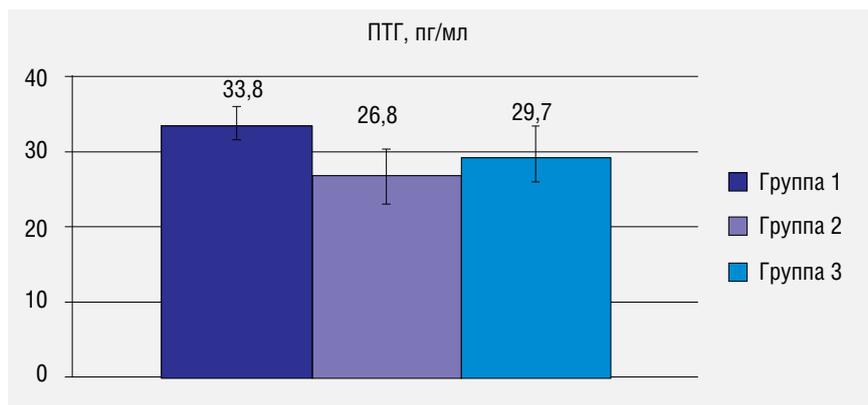


Рисунок 9. Уровень паратиреоидного гормона у больных идеопатическим сколиозом, в зависимости от величины деформации  
 Figure 9. The level of parathyroid hormone in patients with idiopathic scoliosis depending on the magnitude of the deformity

(19,6 против 25,45 нг/мл) ( $p = 0,02$ ). Уровень витамина D положительно коррелировал с уровнем кальция ( $p = 0,01$ ,  $r = 0,973$ ), а также с возрастом пациента ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,158$ ). Угол Кобба отрицательно коррелировал с уровнем витамина D в сыворотке ( $p < 0,01$ ,  $r = -0,472$ ), что совпадает с нашими данными. Авторы считают,

что положительная корреляция между уровнем витамина D и кальцием вместе с отрицательной корреляцией с углом Кобба является еще одним доказательством того, что пациентов с ИС следует регулярно обследовать на содержание витамина D, которые могут влиять на прогрессирование сколиотической дуги [11].

Таблица

Показатели минерального обмена и некоторых маркеров костного метаболизма у больных идиопатическим сколиозом, в зависимости от величины деформации

Table

Indicators of mineral metabolism and some markers of bone metabolism in patients with idiopathic scoliosis depending on the magnitude of the deformity

Показатель	Величина деформации ( $n = 30$ )		
	25–40 °	40–60 °	Больше 60 °
Кальций мочи	норма	Ниже нормы	
Кальций крови (общий)	норма	норма	концентрация достоверно ниже, чем в 1-й и 2-й группах
Кальций ионизированный	норма	концентрация достоверно выше, чем в 1-й и 2-й группах	норма
Фосфор	норма	норма	концентрация достоверно ниже, чем в 1-й и 2-й группах
Щелочная фосфатаза	выше нормы <sup>1</sup>	норма	норма
Остеокальцин	норма	норма	норма
PINP	выше нормы <sup>2</sup>	норма	норма
ДПИД	норма	показатели достоверно повышаются, коррелируя с тяжестью сколиоза	
25 (ОН)D	дефицит <sup>3</sup>	недостаточно	недостаточно
Паратгормон	норма	норма	норма

<sup>1,2</sup> – достоверные отличия от нормы ( $p < 0,01$ );

<sup>3</sup> – дефицит в сравнении с референсными данными

<sup>1,2</sup> – significant difference from the norm ( $p < 0.01$ );

<sup>3</sup> – deficit compared to reference data

Аналогичная связь продемонстрирована в статье L. Sağan и соавт., где указано, что пациенты с ИС имели значительно более низкие уровни витамина D, кальция и значения Z-критерия, чем здоровые лица, выявлена значительная корреляция угла Кобба с Z-критерием ( $r = -0,39, p = 0,02$ ) [5]. Изучение остеокальцина и рецептор activator of nuclear factor- $\kappa$ B ligand (RANKL) у больных ИС показало их более высокие значения, чем в контрольной группе [15]. Интенсивная экскреция ДПИД выявлена в 3-й группе, что свидетельствует о более высокой скорости резорбции кости у пациентов данной группы. Показатели фосфора в крови также были снижены в 3-й группе, что подтверждает нарушение соотношения процессов синтеза и резорбции в костной ткани с выраженной деформацией позвоночника (60–80 °). Показатели паратгормона не имели достоверных различий в группах с нормой, что совпадает с мнением A. Gozdzińska и соавт. (2016) [13].

### Заключение

Изучение минерального обмена и всех основных маркеров костеобразования позволили получить более полную картину состояния обменных процессов в костной ткани у больных ИС и достоверные данные о влиянии некоторых из них на характер костного ремоделирования и величину деформации позвоночника, что должно учитываться в определении объема диагностических исследований, предоперационной подготовке и реабилитационно-восстановительных мероприятиях после лечения. Это свидетельствует о практической значимости работы, которая заключается

в необходимости дополнительных обследований пациентов идиопатическим сколиозом до операции, учитывая нарушение минерального обмена и изменение маркеров костеобразования для коррекции содержания витамина 25(ОН)D и контроля за состоянием минеральной плотности кости, которые являются важными предикторами для оценки качества кости и профилактики резорбтивных изменений в области имплантов.

### Выводы

1. Достоверное превышение нормальных показателей щелочной фосфатазы и PINP у больных идиопатическим сколиозом в 1-й группе свидетельствует о более высокооборотном типе костного ремоделирования и необходимости дополнительных предоперационных обследований, в частности, изучения минеральной плотности позвонков для предотвращения осложнений после введения имплантов.

2. Учитывая, что уровень в крови 25(ОН)D был дефицитным в 1-й группе и недостаточным во 2-й и 3-й, приводящий к остеокластической резорбцией кости, снижению ее плотности и изменению архитектоники, возможно, требуется коррекция содержания витамина D с одновременным контролем паратгормона.

3. Более высокая экскреция ДПИД, наряду со снижением показателей фосфора крови в 3-й группе, свидетельствуют о нарушении соотношения процессов синтеза и резорбции костной ткани и должны сопровождаться рекомендацией о проведении денситометрии для определения минеральной плотности кости.

## Литература/References

1. Матюшин А.Ф., Умарходжаев Ф.Р., Искандаров М.М. Характерные показатели минеральной плотности костной ткани в зависимости от тяжести течения идиопатического сколиоза у детей. *Евразийский вестник педиатрии*. 2019;3(3):150–154.
2. Matyushin AF, Umarchodzaev FR, Iskandarov MM. Characteristic indices of bone tissue mineral density depending on the severity of idiopathic scoliosis in children. *Eurasian Bulletin of Pediatrics*. 2019;3(3):150–154. (In Russ.).
3. Almomen FA, Altaweel AM, Abunadi AK, et al. Determining the correlation between Cobb angle severity and bone mineral density in women with adolescent idiopathic scoliosis. *J Taibah Univ Med Sci*. 2021;16(3):365–368. PMID: 34140863. PMID: PMC8178678. <http://doi.org/10.1016/j.jtumed.2020.12.019>
4. Yip BHK, Yu FWP, Wang Z, et al. Prognostic Value of Bone Mineral Density on Curve Progression: A Longitudinal Cohort Study of 513 Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Sci Rep*. 2016;6:39220. PMID: 27991528. PMID: PMC5171643. <http://doi.org/10.1038/srep39220>
5. Ishida K, Aota Y, Mitsugi N, et al. Relationship between bone density and bone metabolism in adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis*. 2015;10:9. PMID: 25949272. PMID: PMC4422325. <http://doi.org/10.1186/s13013-015-0033-z>
6. Çağan L, Cerbu S, Amaricai E, et al. 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;17(6):2167. PMID: 32214036. PMID: PMC7143889. <http://doi.org/10.3390/ijerph17062167>
7. Chen H, Zhang J, Wang Y, et al. Abnormal lacuno-canalicular network and negative correlation between serum osteocalcin and Cobb angle indicate abnormal osteocyte function in adolescent idiopathic scoliosis. *FASEB J*. 2019;33(12):13882–13892. PMID: 31626573. PMID: PMC6894095. <http://doi.org/10.1096/fj.201901227R>
8. Tam EM, Yu FW, Hung VW, et al. Are volumetric bone mineral density and bone micro-architecture associated with leptin and soluble leptin receptor levels in adolescent idiopathic scoliosis? - A case-control study. *PLoS One*. 2014;9(2):e87939. PMID: 24516571. PMID: PMC3916359. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0087939>
9. Wang ZW, Lee WY, Lam TP, et al. Defining the bone morphometry, micro-architecture and volumetric density profile in osteopenic vs non-osteopenic adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2017;26(6):1586–1594. PMID: 26846315. <http://doi.org/10.1007/s00586-016-4422-7>
10. Sun X, Wu T, Liu Z, et al. Osteopenia predicts curve progression of adolescent idiopathic scoliosis in girls treated with brace treatment. *J Pediatr Orthop*. 2013;33(4):366–371. PMID: 23653023. <http://doi.org/10.1097/BPO.0b013e31827b7b5f>
11. Ng SY, Bettany-Saltikov J, Cheung IYK, et al. The role of Vitamin D in the pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. *Asian Spine J*. 2018;12:1127–1145. PMID: 30322242. PMID: PMC6284127. <http://doi.org/10.31616/asj.2018.12.6.1127>
12. Herdea A, Charkaui A, Ulici A. Prevalence of 25-OH-Vitamin D and Calcium Deficiency in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Journal of Medicine and Life*. 2020;13(2):260–264. PMID: 32728404. PMID: PMC7378343. <http://doi.org/10.25122/jml-2020-0101>
13. Beling A, Hresko MT, DeWitt L, et al. Vitamin D levels and pain outcomes in adolescent idiopathic scoliosis patients undergoing spine fusion. *Spine Deform*. 2021;9(4):997–1004. PMID: 33683641. <http://doi.org/10.1007/s43390-021-00313-7>
14. Goździalska A, Jaśkiewicz J, Knapik-Czajka M, et al. Association of Calcium and Phosphate Balance, Vitamin D, PTH, and Calcitonin in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis.

*Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41(8):693–697. PMID: 27064335. <http://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001286>

14. Бахтина Е.Н., Родионова С.С., Кулешов А.А., и др. Особенности костного метаболизма у больных с идиопатическим сколиозом (предварительное сообщение). *Остеопороз и остеопатия*. 2016;19(2):71. <http://doi.org/10.14341/osteo2016271-71>

Bakhtina EN, Rodionova SS, Kuleshov AA, et al. Features of bone metabolism in patients with idiopathic scoliosis (preliminary report). *Osteoporosis and osteopathy*. 2016;19(2):71. (In Russ.). <http://doi.org/10.14341/osteo2016271-71>

15. Chiru M. Adolescent idiopathic scoliosis and osteopenia). *Maedica (Bucur)*. 2011;6(1):17–22. PMID: 21977185. PMID: PMC3150025.

## Сведения об авторах

**Зейналов Юсиф Латифович**, к. м. н., ортопед-вертебролог, Госпиталь Военно-Медицинского Управления Службы Государственной Безопасности Азербайджанской Республики (Баку, Республика Азербайджан). <http://orcid.org/0000-0002-6390-0423>

**Дьячкова Галина Викторовна**, д. м. н., профессор, заведующая лабораторией, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова (Курган, Россия). <http://orcid.org/0000-0003-1973-4680>

**Бурцев Александр Владимирович**, д. м. н., исполняющий обязанности директора, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова (Курган, Россия). <http://orcid.org/0000-0001-8968-6528>

**Сутягин Илья Вячеславович**, врач-ординатор, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова (Курган, Россия). <http://orcid.org/0000-0002-3998-6781>

**Дьячков Константин Александрович**, д. м. н., ведущий научный сотрудник, заведующий рентгеновским отделением, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова (Курган, Россия). <http://orcid.org/0000-0002-5105-3378>

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Author credentials

**Yusif L. Zeynalov**, Cand. Sci. (Med.), orthopedist-vertebrologist, Hospital of the Military Medical Department of the State Security Service of the Republic of Azerbaijan (Baku, Republic of Azerbaijan). <http://orcid.org/0000-0002-6390-0423>

**Galina V. Diachkova**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Laboratory, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Kurgan, Russian Federation). <http://orcid.org/0000-0003-1973-4680>

**Alexander V. Burtsev**, Dr. Sci. (Med.), Acting Director, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Kurgan, Russian Federation). <http://orcid.org/0000-0001-8968-6528>

**Ilya V. Sutyagin**, Resident doctor, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Kurgan, Russian Federation). <http://orcid.org/0000-0002-3998-6781>

**Konstantin A. Diachkov**, Dr. Sci. (Med.), Leading Researcher, Head of Radiology Department, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Kurgan, Russian Federation). <http://orcid.org/0000-0002-8490-3052>

**Conflict of interest:** none declared.