

УДК 616.71-008.1:612.017

3.1.21 Педиатрия

DOI: 10.37903/vsgma.2025.2.7 EDN: DLUITP

**ОСТЕОПЕНИЯ У ПОДРОСТКОВ: АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ И ФАКТОРОВ НА НЕЕ ВЛИЯЮЩИХ**© Радченко Т.С.<sup>1</sup>, Крутикова Н.Ю.<sup>1</sup>, Казарян А.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Смоленский государственный медицинский университет, Россия, 214019, Смоленск, ул. Крупской, 28<sup>2</sup>Детская клиническая больница г. Смоленска, Россия, 214000, Смоленск, ул. Октябрьской революции, 16*Резюме*

**Цель.** Изучить распространенность остеопении у подростков семнадцатилетнего возраста и выявить значимые факторы риска к данному периоду.

**Методика.** В исследовании приняли участие 302 ребенка подросткового возраста от 17 лет до 17 лет 11 месяцев 31 дня. По гендерному распределению преобладали девочки: 204 (67,5%) против 98 (32,5%) мальчиков. Все обследуемые прошли объективный осмотр и процедуру остеоденситометрии на аппарате ультразвукового денситометра «MiniOmni» («SunlightMedicalLtd», Израиль).

**Результаты.** Анализ полученных данных показал, что остеопения была зарегистрирована у 57% осмотренных. Были выявлены определенные комбинации факторов, оказывающих негативное воздействие на минеральную плотность кости. Так высокий тип физического развития является важным фактором риска развития остеопении. В группе детей с избытком массы тела остеопения (Z- критерия) была установлена в 77,3% случаев, выраженное снижение плотности костной ткани определено у 25% обследованных. Доказана взаимосвязь между показателями плотности костной ткани и такими факторами риска, как уровень потребления кальция с пищей, низкая физическая активность, отягощенный семейный анамнез по переломам, наличие хронических заболеваний верхних отделов желудочно-кишечного тракта и курение.

**Заключение.** Зарегистрирована высокая частота встречаемости снижения плотности костной ткани у подростков 17-18 лет (57%), что является показателем нарушения минерального обмена. В дальнейшем может привести к нарушению накопления минеральной плотности и остеопорозу. Необходимо уделять подросткам особое внимание в данном возрасте, учитывая факторы риска развития остеопении: высокий тип физического развития, повышенная масса тела, наличие хронической патологии желудочно-кишечного тракта, низкое потребление витамина Д и кальция с пищей, курение и отягощенный семейный анамнез по переломам.

**Ключевые слова:** подростки, минеральная плотность, костная ткань, факторы риска

**OSTEOPENIA IN ADOLESCENTS: ANALYSIS OF BONE MINERAL DENSITY AND THE FACTORS INFLUENCING IT**Radchenko T.S.<sup>1</sup>, Krutikova N.Yu.<sup>1</sup>, Kazaryan A.A.<sup>2</sup><sup>1</sup>Smolensk State Medical University, 28, Krupskoj Sr., 214019, Smolensk, Russia<sup>2</sup>Children's Clinical Hospital of Smolensk, 16, Oktjabr'skoj revoljucii St., 214000, Smolensk, Russia*Abstract*

**Objective.** To study the prevalence of osteonecrosis in adolescents aged 17 and identify significant risk factors for this period.

**Methods.** A total of 302 adolescent children aged 17 years to 17 years 11 months 31 days participated in the study. The gender distribution was predominantly girls: 204 (67.5%) versus 98 (32.5%) boys of the total number of subjects. All subjects underwent objective examination and osteodensitometry procedure on the ultrasound densitometer "MiniOmni" (SunlightMedicalLtd, Israel).

**Results.** Analysis of the data showed that osteoarthritis was recorded in 57% of the examined. Certain combinations of factors that have a negative effect on bone mineral density were identified. So high level of physical development is an important risk factor for the development of osteopathy. In the group of children with excess body weight, the Z-criterion deviation from normal was found in 77.3% of cases, osteoporosis was detected in 25% of those examined with an elevated body mass index.

The relationship between bone density indicators and risk factors such as calcium intake from food, low physical activity, aggravated family history of fractures, chronic diseases of upper gastrointestinal tract intestinal tract and smoking.

**Conclusion.** A high frequency of decreased bone density has been registered among adolescents aged 17-18 years (57%), which is an indicator of mineral metabolism disorders. This may lead to impaired accumulation of mineral density and osteoporosis in the future. It is necessary to pay special attention to adolescents at this age, considering the risk factors for the development of osteopenia: a tall physical development type, increased body mass, the presence of chronic gastrointestinal pathology, low intake of vitamin D and calcium from food, smoking, and a family history of fractures.

*Keywords:* adolescents, bone mineral density, bone tissue, risk factors

## Введение

Костная ткань – это специализированная разновидность соединительной ткани, состоящая из клеток и межклеточного вещества. Она относится к высокоспециализированным физиогенным биоматериалам и представляет собой биохимическую систему с многокомпонентным составом и сложным строением [1]. В морфофункциональном отношении кость является одной из наиболее сложных и биологически активных тканей. Наиболее своеобразным является обмен веществ в костной ткани [7].

Подростковый возраст – особый этап формирования человеческого организма, когда происходит перестройка внутренних обменных процессов и функций, становление эндокринной системы. В возрасте 17-и лет происходит третий период ростового скачка, что приводит к повышению потребности организма в кальции, фосфоре и витамине Д. Вместе с тем, происходит изменение социализации и поведения ребенка. Именно в этом возрасте на фоне дисбаланса внутренних обменных процессов повышается риск снижения костной плотности, что в дальнейшем может повлечь за собой развитие серьезных костных патологий во взрослом возрасте [9]. Кроме того, на состояние костного метаболизма оказывает влияние потребление различных препаратов, число которых увеличивается к подростковому возрасту по сравнению с детством, из-за возникновения хронических соматических патологий. По статистике, патологии, связанные со снижением костной плотности, выходят на 1 место именно к 17 годам [6].

Остеопения – собирательный термин, который используется для обозначения низкой массы костной ткани без учета ее причин и характера структурных изменений [11]. В настоящее время считается, что состояние костной ткани – это показатель, отражающий общее развитие ребенка, его функциональный статус, а также уровень здоровья в целом. Высокая частота остеопенических состояний у детей определяет актуальность изучения костного метаболизма и костной плотности [10].

Цель исследования – изучить распространенность остеопении у подростков семнадцатилетнего возраста и выявить значимые факторы риска к данному периоду.

## Методика

Работа выполнена в дизайне скринингового, поперечного, когортного, ретроспективного исследования, использование актуальных клинических, современных лабораторных исследований, результаты которых обрабатывались обоснованными статистическими технологиями.

Объект исследования – 302 ребенка подросткового возраста семнадцатилетнего возраста. По гендерному распределению преобладали девочки: 204 (67,5%) против 98 (32,5%) мальчиков от общего числа исследуемых. Предмет исследования – показатели ультразвука (SOS м/с) остеоденситометрии, факторы риска снижения плотности костной ткани и патогенетические взаимосвязи между остеопенией и другими патологическими состояниями. Выводы сформулированы с использованием принципов доказательной медицины.

Критериями включения в исследование были: возраст от 17 лет до 17 лет 11 месяцев 31 дня; предварительное письменное добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Критерии исключения: прием кальция содержащих препаратов и препаратов, влияющих на костный обмен, в течение последнего года и на момент обследования; наличие хронической

патологии, влияющей на минеральный обмен (онкология, ожирение, сахарный диабет, бронхиальная астма, туберкулез, целиакия); наличие жалоб, указывающих на течение острого заболевания/обострения хронического заболевания на момент начала исследования; отказ от участия в исследовании.

Все обследуемые прошли объективный осмотр и процедуру остеоденситометрии на аппарате ультразвукового денситометра «MiniOmni» («SunlightMedicalLtd», Израиль). Определялась скорость ультразвуковой волны (SOS, м/с) и интегральный показатель Z-score. Согласно Z-критерию, выраженному в единицах стандартного отклонения от возрастного-полового норматива (SD), нормальная минеральная плотность у детей соответствует Z-score > -1SD, остеопения определяется при Z-score от -1SD к -2,5SD, выраженное снижение плотности кости при значениях Z-score более -2,5 SD [3].

Все участники исследования прошли клиническое обследование, включающее сбор жалоб и анамнеза. При осмотре обращалось внимание на нарушения состояния зубов, ногтей, волос, костной системы. Оценка физического развития проводилась с использованием перцентильных графиков Всемирной организации здравоохранения (2006г.). Гармоничность физического развития определялась по соотношению длины и массы тела. Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывался по формуле:  $\text{вес(кг)}/(\text{рост(м)}^2)$  и оценивался в соответствии со стандартами ВОЗ (2006) и федеральными клиническими рекомендациями Российской Федерации с вычислением стандартного отклонения (SDS). Для анализа использовалось программное обеспечение ВОЗ AntroPlus.

Для выявления факторов риска формирования остеопении проводилось анкетирование пациентов и их представителей. В анкете подробно освещали семейный, материнский и перинатальный анамнез, развитие ребенка в критические периоды роста, становление пубертатного периода, особенности образа жизни (физическая активность, вредные привычки, особенности рациона питания и т.д.).

Исследование отвечало принципам, изложенным в Хельсинкской декларации WMA. Этическое одобрение для исследования было предоставлено комитетом по научной этике Смоленского государственного медицинского университета. Статистический анализ проводился с помощью пакета программ Statistica 10.0. Полученные результаты представлены в виде среднего значения и среднеквадратичного отклонения ( $M \pm SD$ ). Для сравнения количественных признаков в независимых выборках использовался параметрический непарный критерий Стьюдента при нормальном распределении выборки и непараметрический критерий Манна–Уитни – при ненормальном распределении выборки; критерий Хи-квадрат ( $\chi^2$ ) и расчёт атрибутивного риска использовался для проверки ассоциации между наличием фактора риска и наличием остеопении. Достоверными считались различия при уровне статистической значимости  $p < 0,05$ .

## Результаты исследования и их обсуждение

Анализ полученных данных показал, что остеопения была зарегистрирована у 57% (n=171) осмотренных. Из них нарушения плотности костной ткани у девушек было выявлено в 55% (n=115) случаев с отклонениями Z-критерия. У юношей остеопенический синдром был зарегистрирован в 60,4% (n=55) случаев (рис.).



Рис. Рандомизация показателей костной плотности в зависимости от степени снижения

При оценке анамнеза, жалоб и клинического статуса обследуемых были выявлены различные нарушения, связанные с минеральным обменом. Среди жалоб наиболее часто отмечалось указание на наличие секущихся волос и их усиленное выпадение – у 97 (32,3%) подростков, ломкость ногтей – у 63 (21,0%). При осмотре наиболее частыми проявлениями нарушений со стороны костно-мышечной системы были: нарушения осанки у 145 (48,3%) обследованных, кариес зубов у 121 (40,3%), единичные нарушения пропорций лица у 5 (1,6%) и плоскостопные стопы у 8 (2,7%).

Оценка физического развития показала, что среди юношей с высоким ростом (>90 перцентиль) было 19 (19,4%) подростков. Из них у 12 (63%) по результатам остеоденситометрии, было выявлено снижение костной плотности различной степени тяжести, вплоть до выраженных значений снижения. Также была проведена оценка массы тела, где высокая масса (>90 перцентиль) была зарегистрирована у 25 (25,5%) юношей. Из них у 20 (80%) подростков было отмечено пониженное значение костной плотности. Среди девушек высокий рост (>90 перцентиль) имели 40 человек, из которых у 35 (87,5%) было выявлено снижение костной плотности. В группе девушек с высокой массой (>90 перцентиль) снижение костной плотности было зарегистрировано у 24 (75%) из 32 человек (табл.).

Таблица. Зависимость скорости звука кости от показателей ФР у юношей и девушек

Плотность костной ткани	Высокий рост	Высокая масса	Высокий рост и масса			
	Юноши (n=19)	Девушки (n=40)	Юноши (n=25)	Девушки (n=32)	Юноши (n=10)	Девушки (n=14)
Z-score ≤ -2 (выраженное снижение костной плотности)						
SOS, м/с (M±m)	3412±103	3411±69	3436±193	3395±101	3433±71	3440±84
%	15,8%*	32,5%	28%	31,2%	30%	14,3%
Z-score от -2 до -1 (умеренное снижение костной плотности)						
SOS, м/с (M±m)	3541±55	3545±43	3561±78	3544±63	3581±72	3583±66
%	21,1%*	22,5%	32%	34,4%	40%	42,9%
Z-score от -1 до 0 (тенденция к снижению костной плотности)						
SOS, м/с (M±m)	3635±127	3618±31	3625±62	3624±123	3665±28	3631±39
%	26,3%	32,5%	20%	9,4%	20%	7,1%
Z-score ≥ 0 (нормальные значения)						
SOS, м/с (M±m)	3774±136	3740±65	3771±97	3756±137	3779±87	3799±89
%	36,8%	12,5%	20%	25%	10%	35,7%

Примечание: статистическая значимость различий \* –  $p < 0,05$

Таким образом, высокий тип физического развития можно расценивать как фактор, влияющий на снижение костной плотности (AR 71%;  $p < 0,05$ , RR – 3,2, ДИ 2,55-7,0. Число степеней свободы равно 3. Значение критерия  $\chi^2$  составляет 14,931. Критическое значение  $\chi^2$  при уровне значимости  $p = 0,01$  составляет 11,354).

Анализ связи между показателями плотности кости и физического развития показал, что подростки с большим ростом имеют более низкие показатели плотности кости по сравнению с их сверстниками со средним или низким развитием. Корреляционный анализ подтвердил наличие отрицательной связи между значением Z-score и длиной тела:  $r = -0,016$  ( $p < 0,05$ ). Эти результаты подтверждают гипотезу о том, что увеличение роста может негативно сказываться на здоровье костной ткани. Избыточная масса тела также оказалась значимым фактором риска развития остеопении. Так, в группе детей подросткового возраста у лиц со сниженным индексом массы тела (ИМТ) остеопения была выявлена в 35%. В группе детей с избытком массы тела отклонение Z-критерия от нормы было установлено в 77,3% случаев, выраженное снижение плотности кости выявлено у 25% обследованных с повышенным ИМТ.

При изучении рациона питания подростков установлено, что большинство обследованных детей подросткового возраста не достигают ежедневной рекомендуемой нормы потребления кальция, получая ежедневно  $524,5 \pm 248,4$  мг/сут при норме 1200-1500 мг/сут, при этом у трети уровень потребления кальция составляет не более 400 мг/сут. Установлено, что уровень ежедневного потребления кальция прямо коррелирует с костной плотностью ( $r = 0,56$ ,  $p = 0,043$ ), а также показателями физического развития ( $r = 0,63$ ,  $p = 0,006$ ), в большей степени с ростом. Недостаточное потребление кальция именно в критический период накопления является ведущей причиной развития остеопенических состояний у детей подросткового возраста.

По результатам анкетирования было установлено, что 78,5% (n=237) респондентов отмечали низкий уровень физической активности (ходьба пешком  $\leq 30$  мин/день, занятие спортом  $\leq 1$  часа/нед.). При этом у 62,9% (n=149) лиц с низким уровнем физической активности выявлено снижение костной плотности по результатам остеоденситометрии (число степеней свободы=6. Значение критерия  $\chi^2=16,626$ . Критическое значение  $\chi^2$  при уровне значимости  $p=0,05$  составляет 12,952. Связь между факторным и результативным признаками статистически значима. На основании расчета атрибутивного риска доказано, что низкий уровень физической активности увеличивает риск снижения плотности кости на 44% (AR – 44%;  $p<0,05$ , RR – 4,1, ДИ 2,41-6,2). Отмечена обратная корреляционная связь между снижением физической активности обследованных и остеопенией ( $r=-0,51$ ,  $p=0,01$ ). В обеих гендерных группах обнаружена достоверная прямая корреляция между снижением костной плотности и наличием более чем 1 перелома в анамнезе у близких родственников ( $r=0,70$ ,  $p=0,009$ ) (по результатам анкетирования).

При обследовании группы детей подросткового возраста установлено наличие достоверной прямой корреляционной связи между наличием остеопении и заболеваниями желудочно-кишечного тракта ( $r=0,73$ ,  $p=0,001$ ). Из 302 обследованных у 104 человек имелась та или иная хроническая патология ЖКТ. Остеопения Z-score  $< -1SD$  при хронической гастродуоденальной патологии встречалась в 25% (n=26) случаев. При этом все лица с остеопенией имели диагноз хронического гастрита или гастродуоденита. Из 302 обследованных 128 (42,3%) подростков обоих полов курили. При этом, стаж курения у всех опрошенных был более 1 года. Остеопения Z-score  $< -1SD$  среди курящих встречалась в 62,5% (n=80) случаев. Определена прямая корреляция между степенью остеопенического синдрома и числом выкуриваемых сигарет в день среди обследованных ( $r=0,78$ ,  $p=0,001$ ), что подтверждает значимость данного фактора риска в механизме нарушения костного минерального обмена.

## Заключение

Установлено, что подростки в данном возрасте имеют до 57% снижение плотности костной ткани. Доказана взаимосвязь между уровнем потребления кальция с пищей и показателями плотности костной ткани по остеоденситометрии. Большая часть обследованных ежедневно потребляют с пищей около 500 мг кальция, что практически в 3 раза ниже возрастной суточной нормы. Подтверждено, что низкая физическая активность является фактором риска развития остеопении у подростков, так 78,5% респондентов показали низкий уровень физической активности. Выявлена взаимосвязь наличия остеопении у пациентов и отягощенности семейного анамнеза по переломам. Установлена взаимосвязь между изменениями показателей минеральной плотности костной ткани у детей подросткового возраста и наличием хронических заболеваний верхних отделов желудочно-кишечного тракта, так 25% имеют низкие показатели костной плотности. Также подтверждено наличие взаимосвязи между выявлением остеопении у 17-летних подростков и курением (62,5%), повышенной массой тела и высоким типом физического развития.

Высокая встречаемость низких значений плотности кости у подростков в данном возрасте должна акцентировать внимание участковых врачей педиатров на оценке костной плотности. Полученные данные указывают на необходимость включения скрининговой ультразвуковой денситометрии в перечень исследований при проведении профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних.

## Литература (references)

1. Гerk С.А., Голованова О.А. Элементный состав костной ткани человека в норме и при патологии // Вестник Омского университета. – 2015. – №4. – С. 39-44. [Gerk S.A., Golovanova O.A. *Vestnik Omskogo universiteta*. Bulletin of Omsk University. – 2015. – N4. – P. 39-44. (in Russian)]
2. Коровина Н.А., Творогова Т.Н. Профилактика остеопении у детей и подростков с риском развития остеопороза // Лечащий врач. – 2006. – Т.6, №7. – С. 1-10. [Korovina N.A., Tvorogova T.N. *Lechashhij Vrach*. The attending physician. – 2006. – V.6, N7. – P. 1-10. (in Russian)]
3. Крутикова Н.Ю., Рябухин Ю.В. Современная диагностика нарушений формирования кости у новорожденных и детей раннего возраста с помощью ультрасонометрии на педиатрическом участке (Методические рекомендации) // Остеопороз и остеопатии. – 2015. – Т.18, №2. – С. 33-35. [Krutikova N.Ju., Rjabuhin Ju.V. *Osteoporoz i osteopatii*. Osteoporosis and osteopathies. – 2015. – V.18, N2. – P. 33-35. (in Russian)]

4. Михайлов Е.К., Короткова Т.А., Демин Н.В., Беневоленская Л.И. Потребление молочных продуктов и показатели минерализации кости у подростков // Научно-практическая ревматология. – 2019. – №5. – С. 84-90. [Mihajlov E.K., Korotkova T.A., Demin N.V., Benevolenskaja L.I. *Nauchno-prakticheskaja revmatologija*. Scientific and practical rheumatology – 2019. – N5. – P. 84-90. (in Russian)]
5. Рубин М.П., Чечурин Р.Е. Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия осевого скелета: методика исследования, анализа и протоколирования. // Радиология–практика. – 2001. – №2. – С. 34-41. [Rubin M.P., Chechurin R.E. *Radiology and Practice*. Radiology-practice. – 2001. – N2. – P. 34-41. (in Russian)]
6. Тыртова Д.А., Эрман М.В., Тыртова Л.В., Ивашикина Т.М. Остеопороз в детском и подростковом возрасте: состояние проблемы. Сообщение 1 // Вестник Санкт-петербургского университета. – 2009. – Т. 11, №2 – С. 164-177. [Tyrtova D.A., Jerman M.V., Tyrtova L.V., Ivashikina T.M. *Vestnik Sankt- Peterburgskogo universiteta*. Bulletin of St. Petersburg University. – 2009. – V.11, N2 – P. 164-177. (in Russian)]
7. Хисматуллина З.М. Факторы, оказывающие влияние на метаболизм костной ткани и приводящие к заболеваниям костной системы // Вестник технологического университета. – 2015. – Т.18, №22 – С. 165-172. [Hismatullina Z.M. *Vestnik tehnologicheskogo universiteta*. Bulletin of the Technological University. – 2015. – V. 18, N22 – P. 165-172. (in Russian)]
8. Ших Е.В., Махова А.А., Емельяшенков Е.Е. Прием витаминно-минерального комплекса — рациональный путь восполнения дефицита поступления кальция в условиях недостаточного потребления ребенком молочных продуктов. Вопросы современной педиатрии. – 2018. – Т.17, №3. – С. 192-198. [Shih E.V., Mahova A.A., Emel'jashenkov E.E. *Voprosy sovremennoj pediatrii*. Issues of modern pediatrics. – 2018. – V.17, N3.– P. 192-198. (in Russian)]
9. Estrada A., Ramnitz M.S., Gafni R.I. Bone densitometry in children and adolescents. Current Opinion in Obstetrics and Gynecology. – 2014. – V.26, N5. – P. 339-346.
10. D'Elia G., Caracchini G., Cavalli L., Innocenti P. Bone fragility and imaging techniques. Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism. – 2009. – V.6, N3. – P. 234-246.
11. Stagi S., Cavalli L., Iurato C., et al. Bone health in children and adolescents: the available imaging techniques. Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism. – 2013. – V.10, N5. – P. 166-171.

### Информация об авторах

Радченко Татьяна Сергеевна – врач-педиатр, ассистент кафедры поликлинической педиатрии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: freya280294@gmail.com

Крутикова Надежда Юрьевна – доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой поликлинической педиатрии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: krutnad@mail.ru

Казарян Анна Ашотовна – врач-участковый педиатр ОГБУЗ «Детская клиническая больница» г. Смоленска. E-mail: annakazaryan2000@yandex.ru

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 28.02.2025

Принята к печати 06.06.2025