

УДК: 616.711-007.5-053.2:612.1

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С ОБЕСПЕЧЕННОСТЬЮ ВИТАМИНОМ D У ДЕТЕЙ С НАРУШЕНИЕМ ОСАНКИ И СКОЛИОЗОМ

Агзамова Ш.А. Ташпулатова М.П.

Ташкентский Государственный Медицинский Университет, г. Ташкент, Республика Узбекистан

Аннотация

В статье рассмотрены особенности функционирования сердечно-сосудистой системы и функций внешнего дыхания у детей с нарушением осанки и сколиозом в зависимости от обеспеченности витамином D. Проведён анализ современных публикаций за 2019–2025 годы, посвящённых взаимосвязи уровня 25(OH)D с показателями дыхательной и сердечно-сосудистой функций. Установлено, что дефицит витамина D у детей со сколиозом встречается часто, однако прямая причинно-следственная связь между уровнем витамина D и функциональными изменениями дыхательной и сердечно-сосудистой систем пока не доказана. Отмечается, что нормализация статуса витамина D может опосредованно способствовать улучшению состояния костно-мышечной, дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Ключевые слова: дети, нарушение осанки, сколиоз, сердечно-сосудистая система, функции внешнего дыхания, витамин D.

Abstract

The article examines the features of cardiovascular system functioning and external respiration in children with postural disorders and scoliosis, depending on their vitamin D status. A review of recent studies (2019–2025) was conducted to analyze the relationship between serum 25(OH)D levels and indicators of respiratory and cardiovascular functions. It was found that vitamin D deficiency is common among children with scoliosis; however, a direct causal relationship between vitamin D levels and functional impairments of the respiratory or cardiovascular systems has not yet been confirmed. The normalization of vitamin D status may indirectly improve musculoskeletal, respiratory, and cardiovascular health.

Keywords: children, postural disorders, scoliosis, cardiovascular system, respiratory function, vitamin D.

Annotatsiya

Maqolada qomat buzilishi va skoliozi bo'lgan bolalarda yurak-qon tomir tizimi hamda tashqi nafas olish funksiyalarining xususiyatlari D vitamini ta'minlanish darajasiga bog'liq holda o'rganilgan. 2019–2025 yillar oralig'idagi ilmiy manbalar tahlili asosida 25(OH)D darajasi bilan nafas olish va yurak-qon tomir tizimi ko'rsatkichlari o'rtasidagi bog'liqlik tahlil qilindi. Tadqiqotlar natijasida aniqlanishicha, skoliozli bolalarda D vitamini tanqisligi keng tarqalgan, biroq uning darajasi bilan nafas olish yoki yurak faoliyatidagi o'zgarishlar o'rtasida to'g'ridan-to'g'ri sababiy aloqa isbotlanmagan. Shunga qaramay, D vitamini darajasini normallashtirish mushak-skelet, nafas olish va yurak-qon tomir tizimlari holatini bilvosita yaxshilashi mumkin.

Kalit so'zlar: bolalar, qomat buzilishi, skolioz, yurak-qon tomir tizimi, tashqi nafas olish funksiyasi, D vitamini.

Введение. В современном мире наблюдается устойчивая тенденция к росту числа детей с нарушениями осанки и сколиозом, что делает данную проблему одной из наиболее актуальных в педиатрии и детской реабилитации. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ, 2023), нарушения осанки встречаются у 30–40% школьников, а сколиоз различной степени тяжести — у 3–5%. Подобная тенденция наблюдается не только в странах с высоким уровнем урбанизации, но и в регионах, где дети ведут преимущественно малоподвижный образ жизни, проводят много времени в закрытых помещениях и испытывают дефицит естественного освещения. По данным поперечного исследования Huang J., et al. (2024): «Общая распространённость предполагаемого сколиоза в провинции Ганьсу составила 5,68%. Пик распространённости среди мальчиков приходится на возраст 14 лет (6,70%), а среди девочек — на возраст 15 лет (8,75%). Самые высокие показатели распространённости наблюдаются в городе Ланьчжоу (9,82% среди мальчиков и 10,16% среди девочек)...» [1]. Систематическое исследование базы данных PubMed, Scopus, WanFang, China National Knowledge Infrastructure, National Science and Technology Library и WeiPu по оценке распространённости сколиоза в материковом Китае, опубликованных за период 1980-2022 годы составило 77 исследований,

которое показало среднюю распространённость сколиоза 1,20%, из них идиопатический — 1,18% и врожденный — 0,03%, легкой (79,1%) и средней (16,8%) степеней тяжести. Пик заболеваемости приходился на возраст 15-16 лет у мальчиков (1,07%) и на 13-14 лет у девочек (1,42%), при чем, девочки страдали 1,57 раза чаще (OR=1,57, CI= 1,38-1,81) [2].

Осанка — это сложный физиологический стереотип положения тела человека в пространстве, поддерживаемый согласованной деятельностью костно-мышечной системы, центральной и периферической нервной регуляции. Нарушения осанки приводят к изменению биомеханики позвоночника, грудной клетки и таза, что влияет на функции дыхательной и сердечно-сосудистой систем. При сколиозе, особенно выраженном, деформация позвоночного столба сопровождается уменьшением объёма грудной клетки, ограничением подвижности рёбер и дыхательной мускулатуры, снижением жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ), нарушением вентиляционно-перфузионных отношений и компенсаторным учащением сердечного ритма [3].

У детей со сколиозом и другими нарушениями осанки нередко выявляются признаки дыхательной недостаточности, повышенной утомляемости, головных болей и сниженной толерантности к физическим нагрузкам. Эти симптомы отражают функци-

ональные изменения в работе систем, обеспечивающих дыхание и кровообращение. При выраженных деформациях грудной клетки возможно формирование рестриктивного типа нарушений вентиляции, а в тяжёлых случаях — развитие лёгочной гипертензии и вторичных изменений со стороны сердца.

Помимо структурных факторов, на развитие и течение сколиоза оказывают влияние метаболические и гормональные механизмы, среди которых особое место занимает витамин D (кальциферол). Долгое время он рассматривался исключительно как фактор, регулирующий обмен кальция и фосфора и обеспечивающий нормальную минерализацию костей. Однако современные исследования () показали, что витамин D выполняет гормоноподобные функции, оказывая влияние на множество систем организма — в том числе нервную, мышечную, сердечно-сосудистую и дыхательную [3, 4].

Рецепторы витамина D (VDR) обнаружены в клетках миокарда, эндотелия сосудов, гладких и скелетных мышц, а также в дыхательной мускулатуре. Это объясняет широкий спектр его физиологических эффектов — от регуляции сосудистого тонуса и сократимости миокарда до поддержания оптимального мышечного тонуса и дыхательной функции. Дефицит витамина D может приводить к снижению силы и выносливости мышц, повышению артериального давления, нарушению обмена кальция и ухудшению нервно-мышечной передачи. Всё это способно усиливать проявления сколиотической деформации и вызывать дополнительные функциональные нарушения [4].

По данным многочисленных исследований [5-8], дефицит витамина D является одним из наиболее распространённых состояний среди детей и подростков. В зимне-весенний период недостаточность витамина D выявляется у 60–80% школьников. К факторам риска относятся: низкая солнечная инсоляция, несбалансированное питание, низкая

физическая активность и длительное пребывание в помещениях. В условиях гиповитаминоза D нарушается формирование костно-мышечной системы, ослабляется мышечный корсет, снижается общая выносливость и повышается риск формирования нарушений осанки. Кроме того, у детей с дефицитом витамина D нередко отмечается повышенная утомляемость, снижение жизненной ёмкости лёгких и учащение пульса даже при незначительных нагрузках. Это связано с тем, что витамин D принимает участие в работе дыхательной мускулатуры, поддерживает оптимальный уровень кальция в миофибриллах и регулирует передачу нервных импульсов. При его недостатке ухудшается координация дыхательных движений и снижается эффективность газообмена. В свою очередь, сердечно-сосудистая система вынуждена компенсировать недостаточную оксигенацию тканей увеличением частоты сердечных сокращений и минутного объёма кровообращения.

Современные данные позволяют предположить, что взаимосвязь между уровнем витамина D и функциональными показателями дыхательной и сердечно-сосудистой систем у детей со сколиозом имеет сложный характер. С одной стороны, дефицит витамина D может быть результатом низкой физической активности и ограниченного пребывания на солнце у таких детей. С другой — сам дефицит кальциферола способен усугублять нарушения осанки, снижая мышечный тонус и ухудшая механические свойства грудной клетки. Исследования последних лет [4, 8] показывают, что нормализация уровня витамина D у детей со сколиозом приводит к улучшению показателей дыхательной функции, повышению выносливости и улучшению самочувствия. Тем не менее, прямая причинно-следственная связь между обеспеченностью витамином D и функциональными изменениями в дыхательной и сердечно-сосудистой системах пока остаётся предметом научных дискуссий.

С
А
Р
J
I
S

Проблема усугубляется тем, что в практике школьной медицины оценка статуса витамина D редко проводится при скрининге нарушений осанки. Между тем включение этого показателя в стандартное обследование могло бы повысить эффективность профилактики сколиоза и связанных с ним функциональных нарушений. В совокупности это подчёркивает важность комплексного подхода к изучению нарушений осанки у детей, включающего не только анатомические и биомеханические аспекты, но и метаболические, функциональные и регуляторные механизмы.

Таким образом, исследование взаимосвязи между обеспеченностью витамином D и функциональными показателями сердечно-сосудистой и дыхательной систем у детей с нарушением осанки и сколиозом является актуальным направлением современной педиатрии.

Цель исследования. Анализ и синтез данных 2019–2025 гг. о влиянии нарушений осанки и сколиоза на функционирование сердечно-сосудистой системы и функции внешнего дыхания во взаимосвязи с обеспеченностью витамином D у детей-школьников сформулировать рекомендации для клинической практики и исследований.

Материалы и методы исследования. В анализ включались систематические обзоры, мета-анализы и оригинальные исследования (кросс-секционные и когортные), посвящённые детям и подросткам с нарушениями осанки или идиопатическим сколиозом. Основное внимание уделялось статьям, в которых изучались показатели функции внешнего дыхания (ЖЕЛ, ОФВ1, ОЁЛ и др.), параметры сердечной функции (эхокардиография, пульсовое давление, частота сердечных сокращений) и уровень витамина D.

Результаты исследования. Согласно мета-анализу Llopis-Ibor и соавт. (2023), дефицит или недостаточность витамина D наблюдается примерно у 30–40% подростков с идиопатическим сколиозом.

Эти результаты совпадают с другими работами последних лет [4, 5], где авторы также отмечают распространённый гиповитаминоз D у детей. Тем не менее, связь между степенью сколиоза (по углу Кобба) и уровнем витамина D остаётся спорной. Исследователи предполагают, что витамин D может влиять на развитие сколиоза через несколько механизмов: участие в формировании костной ткани, воздействие на мышечную силу и нервно-мышечную проводимость. Некоторые наблюдательные исследования показывают, что низкий уровень 25(OH)D связан с большей вероятностью прогрессирования искривления позвоночника, но убедительных рандомизированных исследований пока нет.

В обзорах 2022–2025 годов [7, 8] отмечается, что витамин D играет роль в поддержании нормальной функции дыхательной мускулатуры и может снижать риск респираторных инфекций у детей с дефицитом.

Нарушение осанки и сколиоз, особенно грудного отдела, оказывают прямое влияние на дыхательную систему. У таких детей часто отмечается рестриктивный тип нарушений — снижение жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ) и объёма форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ1). При выраженных деформациях грудная клетка теряет подвижность, что снижает вентиляционную способность лёгких. Деформация грудной клетки может смещать сердце и изменять его геометрию. В работе Хiao и соавт. (2025) показано, что у детей с тяжёлой формой сколиоза наблюдаются структурные изменения — увеличение размеров правых отделов сердца и признаки лёгочной гипертензии [9]. Метарегрессионный анализ 126 исследований установил обратную связь между тяжестью сколиоза (показателями угла Кобба) и функцией внешнего дыхания (ФВД), при чем, снижение ФВД происходит постепенно начиная с углов Кобба от <20 до >120 градусов. Полученные

результаты подтверждают актуальность ранней диагностики и реабилитации с целью минимизации прогрессирования искривления позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом [10].

ОБСУЖДЕНИЕ. Большинство проанализированных исследований подтверждают, что дефицит витамина D у детей со сколиозом встречается часто, однако установить причинно-следственную связь между низким уровнем витамина и функциональными нарушениями дыхания или сердца пока невозможно. Витамин D влияет на костную ткань, силу мышц, обмен кальция и фосфора, а также на иммунные процессы. Всё это может косвенно отражаться на дыхательной и сердечно-сосудистой функциях.

Проведённый анализ литературы позволяет рассматривать витамин D не только как компонент, обеспечивающий минеральный обмен и здоровье костей, но и как биологически активное вещество, влияющее на широкий спектр физиологических процессов.

По современным представлениям, витамин D участвует в регуляции кальциевого обмена, мышечной сократимости, нейромышечной передачи импульсов, а также оказывает модулирующее действие на сердечно-сосудистую систему. Его рецепторы обнаружены в клетках миокарда, эндотелия сосудов и дыхательных мышц, что объясняет его комплексное влияние на организм. У детей со сколиозом часто отмечаются признаки снижения мышечной силы и ограничение подвижности грудной клетки, что приводит к рестриктивному типу нарушений дыхания. Эти функциональные изменения могут усугубляться при недостатке витамина D, поскольку он влияет на обмен кальция в мышечной ткани и поддержание оптимального уровня фосфатов, необходимых для энергетического обмена. Ряд исследований [4, 7] показали, что низкий уровень витамина D может быть связан с по-

вышенной частотой респираторных нарушений, особенно у детей с деформацией грудной клетки. Кроме того, есть данные о том, что витамин D может участвовать в регуляции артериального давления и сердечного ритма, что важно при изучении состояния сердечно-сосудистой системы у пациентов со сколиозом.

Несмотря на наличие отдельных подтверждений, причинно-следственные связи между дефицитом витамина D и изменениями в работе дыхательной и сердечно-сосудистой систем остаются недостаточно изученными. Большинство авторов подчёркивают необходимость комплексного подхода, включающего оценку физического развития, питания, двигательной активности и биохимических показателей.

Заключение. Результаты анализа публикаций 2019–2025 годов показывают, что нарушения осанки и сколиоз у детей сопровождаются комплексными изменениями в работе дыхательной и сердечно-сосудистой систем, которые могут усугубляться при дефиците витамина D. Витамин D играет важную роль в формировании и функционировании опорно-двигательного аппарата, влияет на силу дыхательной мускулатуры, поддерживает оптимальный уровень кальция и фосфора, а также участвует в регуляции сосудистого тонуса. Недостаток этого витамина может приводить к снижению общей работоспособности, повышенной утомляемости и снижению адаптационных резервов организма.

На основании анализа можно сделать вывод, что контроль уровня 25(OH)D у детей с нарушением осанки является целесообразной профилактической мерой. Включение оценки витамина D в систему школьного медицинского мониторинга позволит своевременно выявлять риски и проводить коррекцию питания и образа жизни.

В перспективе дальнейших исследований важно разработать программы комплекс-

ной профилактики, которые объединяют коррекцию дефицита витамина D, лечебную физкультуру, дыхательную гимнастику и образовательные меры, направленные на формирование правильной осанки и укрепление здоровья детей.

Выводы.

1. У детей с нарушением осанки и сколиозом часто выявляется дефицит витамина D. В зимне-весенний период недостаточность витамина D выявляется у 60–80% школьников.

2. Сколиоз грудного отдела приводит к нарушению функции внешнего дыхания и в тяжёлых случаях — к изменениям в работе сердца.

3. Прямая зависимость между уровнем витамина D и параметрами дыхания или сердечной функции пока не доказана.

4. Скрининг уровня 25(OH)D и коррекция его дефицита у детей со сколиозом представляются обоснованными. Необходимы дальнейшие исследования для подтверждения причинных связей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Huang J, Zhang H, Wen J, Liu L, Xu S, Wang X, Zhang C, Wang H, Pei S, Cui X, Wang J, Tang D, Zhao J. Evaluation of the prevalence of adolescent scoliosis and its associated factors in Gansu Province, China: a cross-sectional study. *Front Public Health*. 2024 Jul 30;12:1381773. doi: 10.3389/fpubh.2024.1381773. PMID: 39139664; PMCID: PMC11319255.
2. Xu S, Li K, Jin L, Dong Y, Liang Y, Liu C, Wang P, Zhao Z, Wang Y, Guo C, Wang Z, Liu H. Distribution of scoliosis in 2.22 million adolescents in mainland China: A population-wide analysis. *J Glob Health*. 2024 Jul 19;14:04117. doi: 10.7189/jogh.14.04117. PMID: 39026457; PMCID: PMC11258535.
3. Llopis-Ibor CI, Mariscal G, de la Rubia Ortí JE, Barrios C. Incidence of vitamin D deficiency in adolescent idiopathic scoliosis: a meta-analysis. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023 Oct 11;14:1250118. doi: 10.3389/fendo.2023.1250118. PMID: 37886647; PMCID: PMC10598863.
4. Herdea, A.; Marie, H.; Ionescu, A.; Sandu, D.-M.; Pribeagu, S.-T.; Ulici, A. Vitamin D Deficiency—A Public Health Issue in Children. *Children* 2024, 11, 1061. <https://doi.org/10.3390/children11091061>
5. Mobasser A. et al. Risk factors of vitamin D deficiency in adolescent idiopathic scoliosis patients: A scoping review, *Journal of Orthopaedic Reports*, Volume 3, Issue 4, 2024, 100359, ISSN 2773-157X, doi.org/10.1016/j.jorep.2024.100359.
6. Cepeda S J, Zenteno A D, Fuentes S C, Bustos B R. Vitamina D y enfermedades respiratorias pediátricas [Vitamin D and pediatric respiratory diseases]. *Rev Chil Pediatr*. 2019;90(1):94-101. Spanish. doi: 10.32641/rchped.v90i1.747. PMID: 31095224.
7. Gaudet M, Plesa M, Mogas A, Jalaeddine N, Hamid Q, Al Heialy S. Recent advances in vitamin D implications in chronic respiratory diseases. *Respir Res*. 2022 Sep 19;23(1):252. doi: 10.1186/s12931-022-02147-x. PMID: 36117182; PMCID: PMC9483459.
8. Petkova GS, Mineva EN, Botsova VT. Clinical Study of Vitamin D Levels in Hospitalized Children with Acute Respiratory Infections. *Pediatr Rep*. 2024 Nov 22;16(4):1034-1041. doi: 10.3390/pediatric16040088. PMID: 39585042; PMCID: PMC11587423.
9. Xiao, J., Li, T., Wang, Y. *et al*. Effects of severe scoliosis on cardiac structure and function in resting patients: a retrospective study. *J Orthop Surg Res* **20**, 681 (2025). <https://doi.org/10.1186/s13018-025-06113-3>
10. Kempen DHR, Heemskerk JL, Kaçmaz G, Altena MC, Reesink HJ, Vanhommerig JW, Willigenburg NW. Pulmonary function in children and adolescents with untreated idiopathic scoliosis: a systematic review with meta-regression analysis. *Spine J*. 2022 Jul;22(7):1178-1190. doi: 10.1016/j.spinee.2021.12.011. Epub 2021 Dec 25. PMID: 34963629.