

УДК 616.379-008.64-053.2-06:616.74-009]-005.4

DOI: 10.26565/2617-409X-2021-8-07

РОЛЬ ПОРУШЕНЬ ПЕРИФЕРИЧНОГО КРОВотоКУ В РОЗВИТКУ ДІАБЕТИЧНОЇ МІОПАТІЇ У ДІТЕЙ, ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ*Пашкова О. Є.^{A, E, F}, Чудова Н. І.^{B, C, D}*

A – концепція та дизайн дослідження, B – збір даних, C – аналіз та інтерпретація даних, D – написання статті, E – редагування статті, F – остаточне затвердження статті

Пошта для листування: chudovanatalia25@gmail.com

Резюме. Значення достатнього периферичного кровообігу та його роль у формуванні порушень з боку м'язової системи у дітей, хворих на цукровий діабет, залишається маловивченим. В той же час формування ряду хронічних ускладнень діабету пов'язані з недостатньою функцією м'язової системи.

Мета. Оцінити стан кровопостачання нижніх кінцівок у дітей, хворих на цукровий діабет I типу, за даними кісточно-плечового індексу та визначити роль його порушень в розвитку діабетичної міопатії.

Матеріали та методи. Обстежено 137 дітей, хворих на цукровий діабет I типу (ЦДІ). Контрольну групу склали 41 умовно здорова дитина. У всіх дітей проводилася оцінка функціонального стану скелетної мускулатури, визначалися індекс скелетної мускулатури, індекс кистьової сили та кісточно-плечовий індекс до та після фізичного навантаження. Для визначення діагностичних критеріїв динапенії та діабетичної міопатії за допомогою ROC-аналізу проводився розрахунок точок відсікання показників індексу кистьової сили та індексу скелетної мускулатури.

Результати. Функціональні порушення скелетних м'язів та зниження індексу скелетної мускулатури спостерігалось вже на I-му році захворювання на цукровий діабет I типу та прогресувало в динаміці. Виявлений зворотній кореляційний зв'язок рівня глікованого гемоглобіну з індексом скелетної мускулатури ($r=-0,49$, $p<0,05$), силою м'язів ($r = -0,31$, $p<0,05$) та позитивний зв'язок з показником відсотку жиру в організмі ($r=+0,49$, $p<0,05$). Динапенію було діагностовано у 68 (49,6 %) дітей, хворих на цукровий діабет I типу, діабетичну міопатію встановлено у 37 (27,0 %) пацієнтів. Встановлено, що зміни з боку скелетних м'язів у дітей, хворих на цукровий діабет I типу, супроводжувалися погіршенням периферичного кровопостачання, про що свідчило зниження показників кісточно-плечового індексу у спокої та, в більшій мірі, після виконання фізичного навантаження. Найгірші результати були отримані в групі дітей з діабетичною міопатією.

Висновки. 1. У дітей, хворих на цукровий діабет, зі збільшенням тривалості перебігу захворювання та незадовільному стані глікемічного контролю спостерігається погіршення функціонального стану скелетної мускулатури та зменшення м'язової маси, що проявляється розвитком динапенії (49,6% випадків) та діабетичної міопатії (27,0% випадків). 2. Одним з факторів розвитку діабетичної міопатії у дітей, хворих на цукровий діабет I типу, виступає порушення периферичного кровообігу. 3. Дослідження кісточно-плечового індексу після дозованого фізичного навантаження дозволяє виявити латентні порушення периферичного кровопостачання та може використовуватися в якості скринінгу у дітей, хворих на цукровий діабет.

Ключові слова: цукровий діабет, діабетична міопатія, кісточно-плечовий індекс, діти

Для цитування: Пашкова ОА, Чудова НІ. РОЛЬ ПОРУШЕНЬ ПЕРИФЕРИЧНОГО КРОВотоКУ В РОЗВИТКУ ДІАБЕТИЧНОЇ МІОПАТІЇ У ДІТЕЙ, ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ. Актуальні проблеми сучасної медицини. 2021;8:69–78. DOI: 10.26565/2617-409X-2021-8-07.

Інформація про авторів

Пашкова Олена Єгорівна, д. мед. н., проф. кафедри госпітальної педіатрії Запорізького державного медичного університету, проспект Маяковського, 26, Запоріжжя, Україна, 69035

e-mail: elenapashkova0901@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3935-5103>

Чудова Наталія Ігорівна, асистент кафедри госпітальної педіатрії Запорізького державного медичного

університету, проспект Маяковського, 26, Запоріжжя, Україна, 69035

e-mail: chudovanatalia25@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5641-1843>

Вступ

Відомо, що скелетна мускулатура, яка складає більше 40 % загальної маси тіла, виконує не лише локомоторну функцію, а й грає ключову роль в гомеостазі глюкози та забезпечує інсулінозалежне засвоєння значної її частини, що потрапляє до організму [1]. Саме з порушеннями функціонування м'язової системи ряд дослідників пов'язують розвиток хронічних ускладнень при цукровому діабеті [2]. Порушення функції скелетної мускулатури виявляються у двох видах: динапенії – стан зниження м'язової сили при збереженні м'язової маси [3], та міопатії – стан, що супроводжується як зниженням м'язової сили, так і зниженням м'язової маси [4-7]. Проте дані ускладнення часто залишаються без уваги лікарів. Для забезпечення роботи скелетної мускулатури при навантаженні, як найбільшій за масовою часткою тканини організму, необхідне інтенсивне кровопостачання. Численні дослідження показали, що основою для неінвазивного скринінгу захворювань периферичних судин може виступати кісточно-плечовий індекс (КПІ) [8-9]. Дослідження, проведені серед дорослої категорії пацієнтів, хворих на цукровий діабет, показали, що зниження КПІ може розглядатися як ранній прояв діабетичної периферичної ангіопатії. [10]. Не дивлячись на те, що визначення КПІ є достатньо простим, неінвазивним і недорогим методом діагностики захворювань периферичних артерій, що дозволяє опосередковано судити про стан кровообігу всього організму в цілому, в дитячому віці даний метод діагностики мало використовується. Крім того, залишається маловивченим питання впливу порушень периферичного кровообігу на розвиток діабетичної міопатії.

Мета роботи: оцінити стан кровопостачання нижніх кінцівок у дітей, хворих на цукровий діабет 1 типу, за даними кісточно-плечового індексу та визначити роль його порушень в розвитку діабетичної міопатії.

Матеріали і методи

Під спостереженням знаходилося 178 дітей віком від 11 років до 17 років (середній вік $14,09 \pm 0,31$ років). Основна група сформована із 137 дітей, хворих на цукровий діабет 1 типу,

з різною тривалістю перебігу захворювання. До 1-ої групи увійшло 35 дітей (середній вік $13,68 \pm 0,34$ років), з тривалістю цукрового діабету до 1 року, 2 група складалась із 49 пацієнтів (середній вік – $14,14 \pm 0,29$ років) з тривалістю захворювання від 1 до 5 років, до 3 групи увійшли 53 дитини з тривалістю цукрового діабету понад 5 років (середній вік $14,29 \pm 0,29$ років). Групу контролю склала 41 умовно здорова дитина (середній вік – $14,27 \pm 0,34$ років) без ендокринної патології. Групи були репрезентативні за віком, статтю та індексом маси тіла.

У всіх дітей проводилася оцінка стану скелетної мускулатури. Дітям проводилось вимірювання антропометричних показників, таких як довжина та маса тіла, індекс маси тіла. Маса скелетної мускулатури у віці до 15 років визначалась за формулою А. М. Peters [11]. Після 15 років для розрахунку м'язової маси використовували формулу Р. Воег, яка враховувала стать дитини [12]. Для кількісної оцінки стану м'язової маси використовували індекс скелетної мускулатури (ІСМ) [13]. Визначалися відсоток жиру в організмі (ІЖМ) [14] та жирова маса [15].

Для оцінки відсотку втрати м'язової сили проводився шестибальний тест м'язового мануального тестування за Ловеттом [16]. Силу скелетної мускулатури оцінювали за допомогою кистьового пружинного динамометра ДК-50. Для нівелювання впливу віку дитини на м'язову силу обчислювався її відносний показник – індекс кистьової сили (ІКС), що розраховувався за формулою [5]:

$$ІКС = (сила\ кисти / m) * 100\%$$

де сила кисті, кгс;

m – маса тіла, кг

Визначення динамічної силової витривалості скелетної мускулатури проводилось шляхом вимірювання сили м'язів кисті та передпліччя кистьовим динамометром до, а також одразу після фізичного навантаження у вигляді ритмічних стискань кистьового резинового еспандера у вигляді кільця із опором в 20 кг протягом 30 секунд з подальшим обчисленням показника стомлюваності м'язів кисті, як співвідношення ІКС до навантаження до ІКС після навантаження.

Обов'язковий комплекс обстеження включав оцінку статичної та динамічної витривалості м'язів [5, 17-18].

Кісточно-плечовий індекс (КПІ) визначався шляхом вимірювання послідовно систолічного артеріального тиску (САТ) на верхніх та нижніх кінцівках за допомогою напівавтоматичного тонометра.

$$КПІ = САТ \text{ на } a. \text{ tibialis posterior} / САТ \text{ на } a. \text{ brachialis}$$

Для визначення латентних порушень периферичного кровообігу вимірювання та розрахунок КПІ проводилось до фізичного навантаження та після 20 присідань в вільному темпі. Оцінка стану периферичного кровообігу проводилась за наступними критеріями: КПІ <0,90 – знижений показник; 0,9–0,99 – гранично низький показник; 1–1,09 – нижнє нормальне значення; 1,10–1,29 – нормальне значення [19].

Математичний аналіз та статистична обробка даних проводились на ПЕВМ з використанням ліцензійного пакету програм Statistica for Windows 13.0, серійний номер JPZ8041382130ARCN10-J. з визначенням середнього арифметичного (M), середнього квадратичного відхилення (σ) та середніх помилок (m) для показників, розподіл який відповідав критеріям нормальності. Перевірку нормальності проводили за тестом асиметрії Шапіро-Уїлка. При нерівномірному розподілі ознак та нелінійному характері залежності використовували медіану і квартилі Me(Q25;Q75). Зв'язок між показниками оцінювали за допомогою методів обчислення коефіцієнта кореляції Пірсона при нормальному розподілі ознак та рангової кореляції Спірмена (r) при розподілі ознак, який відрізнявся від нормального. Для оцінки відмінностей показників в групах, які порівнюються, використовувався t-критерій Стьюдента та U-критерій Манна-Уїтні. Відмінності вважали достовірними при (p <0,05).

З метою визначення діагностичних критеріїв дінапенії та діабетичної міопатії проводився розрахунок точок відсікання показників ІКС та ІСМ за допомогою ROC-аналізу з оцінкою AUC (Area Under Curve) - чисельний показник площі під ROC-кривою.

Значення площі від 0,9 до 1 відповідало відмінній якості моделі, від 0,8-0,9 - дуже хороша, 0,7-0,8 - хороша, 0,6-0,7 - середній, 0,5-0,6 - незадовільний [20].

При планування дослідження було отримано дозвіл регіональної комісії з питань біоетики Запорізького державного медичного університету. Усі процедури, проведені в дослідженнях за участю дітей, відповідали етичним стандартам інституційного та національного комітету з досліджень та Гельсінській декларації 1964 року та її пізнішим поправкам або порівнянним етичним стандартам. Інформована згода була отримана від кожного з учасників, включених у дослідження та їх офіційних опікунів.

Результати дослідження

Аналіз отриманих результатів показав, що у дітей, хворих на цукровий діабет, в динаміці захворювання відбувалося поступове зниження ІСМ та підвищення показника ВЖ. Поряд зі зниженням ІСМ у дітей груп спостереження спостерігалися функціональні порушення з боку скелетних м'язів у вигляді погіршення сили м'язів та їх витривалості [21]. Звертав на себе увагу той факт, що перші ознаки виявлених порушень були відмічені вже на початку захворювання та прогресували в динаміці. Однією з причин встановлених змін у хворих на цукровий діабет виступав незадовільний глікемічний контроль і, як наслідок, хронічна гіперглікемія [22]. Це підтверджувалося результатами проведеного кореляційного аналізу у дітей, хворих на ЦД1, який показав наявність негативного зв'язку рівня глікованого гемоглобіну з ІСМ ($r=-0,49$, $p<0,05$), силою м'язів ($r = -0,31$, $p<0,05$) та позитивного зв'язку ($r=+0,49$, $p<0,05$) з показником відсотку жиру в організмі.

Враховуючи, що зниження показника кистьової сили, який вважається інтегральним показником загальної м'язової сили [23] та виступає діагностичним критерієм дінапенії, за допомогою проведеного ROC-аналізу було розраховано порогове значення ІКС для визначення наявності чи відсутності дінапенії. Величина точки відсічення, за якою ІКС у хлопців становив нижню межу норми, склала 49,6% (площа під ROC-кривою AUC склала $0,79\pm 0,049$ (95 % ДІ 0,698 - 0,892, $p <0,001$, чутливість тесту - 74,1%, специфічність - 63,5%), а у дівчат - 43,0% (площа під ROC-

кривою склала $0,825 \pm 0,071$ (95 % ДІ 0,713 - 0,991, $p < 0,001$, чутливість тесту - 73,3%, специфічність - 74,1%).

Додатково для діагностики діабетичної міопатії проводився розрахунок оптимальної точки відсічення для показника ICM, яка незалежно від статі дитини склала 75,3 % (площа під ROC-кривою - $0,923 \pm 0,036$ (95 %

ДІ 0,853 - 0,992, $p < 0,0001$, чутливість тесту - 84,8 %, специфічність - 82,2 %).

Виходячи з отриманих даних було встановлено, що серед хворих на ЦДІ 32 (23,35 %) дитини не мали відхилень з боку м'язової системи, динапенія визначалась у 68 (49,6 %) пацієнтів, діабетичну міопатію діагностовано у 37 (27,0 %) дітей. Звертає на себе увагу той факт, що нормальний стан скелетних м'язів у дітей, хворих на цукровий діабет, вже на першому році захворювання визначався менше аніж у половини обстежених дітей. При збільшенні тривалості захворювання частота виявлення динапенії та діабетичної міопатії прогресивно зростала. Так, на першому році захворювання у 42,85 % дітей ICM та ІКС відповідав нормативним показникам, у такої ж кількості дітей визначалась динапенія, діабетичну міопатію було діагностовано лише

у 5 (14,3 %) пацієнтів. В той же час, в групі дітей з тривалістю перебігу ЦДІ від 1 до 5 років кількість дітей, у яких не було визначено відхилень з боку м'язової системи скоротилась на третину і склала 18,4 %, а частота діагностики динапенії та діабетичної міопатії збільшилася до 53,1 % та 28,6 %, відповідно. В 3 групі нормальний стан м'язової системи мали лише 15,1 % пацієнтів. В свою чергу, динапенія в даній групі хворих була діагностована у 50,9 % випадках, а діабетична міопатія - у 34,0 % дітей.

Враховуючи, що для підтримання нормального функціонування м'язової системи безперечна роль відводиться нормальному кровопостачанню, а його порушення виступає фактором ризику розвитку діабетичної міопатії [24] наступним етапом нашої роботи з метою визначення скритих порушень периферичного кровообігу була оцінка периферичного кровопостачання за даними КПП у дітей, хворих на цукровий діабет, в залежності від стану скелетної мускулатури.

Аналіз отриманих результатів показав, що серед обстежених дітей статистично значима різниця між КПП ліворуч та праворуч була відсутня (табл. 1).

Таблиця 1. Показники кісточно-плечового індексу до та після фізичного навантаження у дітей хворих на цукровий діабет, в залежності від стану скелетної мускулатури (Me(Q₂₅;Q₇₅))

Table 1. Indicators of ankle-brachial index before and after exercise in children with diabetes mellitus depending on the condition of skeletal muscles

Показник		норма n=32	динапенія n=68	діабетична міопатія n=37	контрольна група, n=41
КПП ліворуч, ум.од.	до ФН	1,00 (0,98;1,03)	0,99 (0,94;1,07)	0,99 (0,96;1,05)	1,09 (1,03;1,15)
	після ФН	0,97 ¹ (0,90;0,99)	0,97 ¹ (0,89;1,00)	0,95 ¹ (0,91;0,96)	1,10 (1,05;1,15)
КПП праворуч, ум.од.	до ФН	1,00 (0,95;1,04)	0,99 (0,94;1,06)	1,00 (0,98; 1,06)	1,09 (1,04;1,15)
	після ФН	0,97 ¹ (0,91;1,03)	0,96 ¹ (0,88;1,01)	0,96 ¹ (0,90;0,98)	1,10 (1,06;1,12)

Примітка. ¹ - $p < 0,05$ в порівнянні з відповідним показником контрольної групи; ФН - фізичне навантаження.

Note. ¹ - $p < 0,05$ in comparison with of the control group indicator; PN - physical exercise.

В той же час показники КПП у пацієнтів, хворих на цукровий діабет, були статистично знижені в порівнянні зі значеннями контрольної групи ($p < 0,05$) незалежно від стану скелетної мускулатури. Проведений індивідуальний аналіз показав, що у всіх дітей контрольної групи показник КПП у спокої

знаходився у межах нормальних або нижніх нормальних значень (рис. 1). В той же час, у хворих на цукровий діабет дітей, незалежно від стану скелетних м'язів, до фізичного навантаження нормальні та нижні нормальні значення КПП визначалися лише в 47,7-59,2% випадках.

Виконання дозованого фізичного навантаження в контрольній групі не призводило до змін КПІ відносно початкового рівня ($p > 0,05$). В той же час, дозоване фізичне навантаження у дітей, хворих на цукровий діабет, призводило до суттєвого погіршення

периферичного кровообігу у всіх групах, в тому числі при нормальному стані скелетної мускулатури, що свідчило про латентне порушення периферичного кровообігу та проявлялося збільшенням реєстрації патологічних варіантів КПІ (рис. 2).

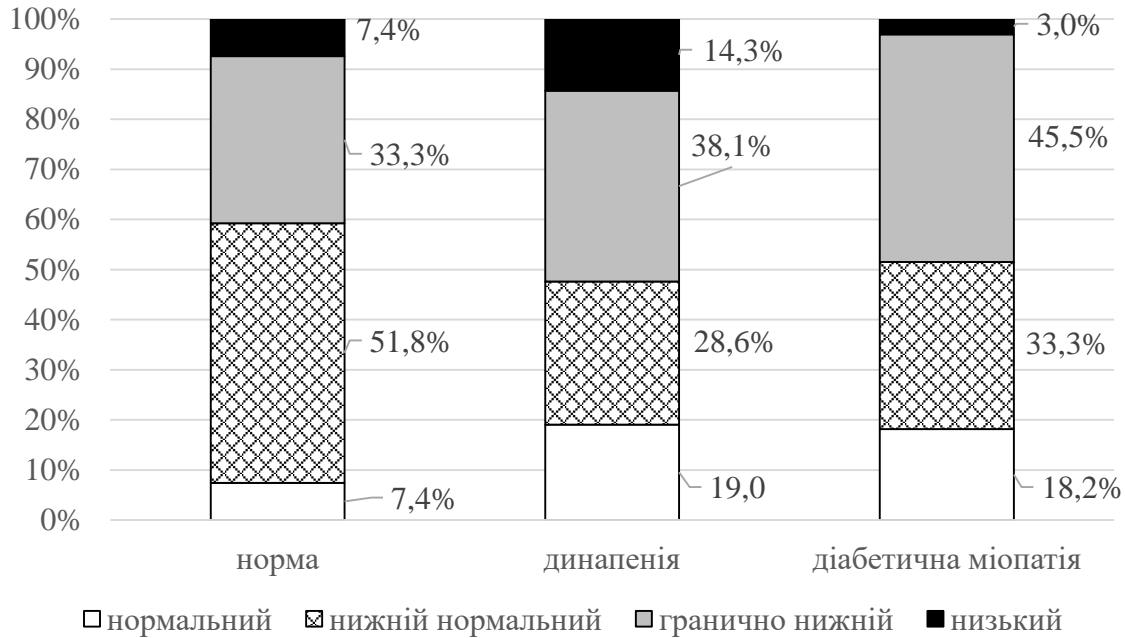


Рис. 1. Показники кісточно-плечевого індексу до фізичного навантаження у дітей, хворих на цукровий діабет, в залежності від стану скелетної мускулатури

Fig. 1. Indicators of ankle-brachial index before exercise in children with diabetes mellitus, depending on the condition of skeletal muscles

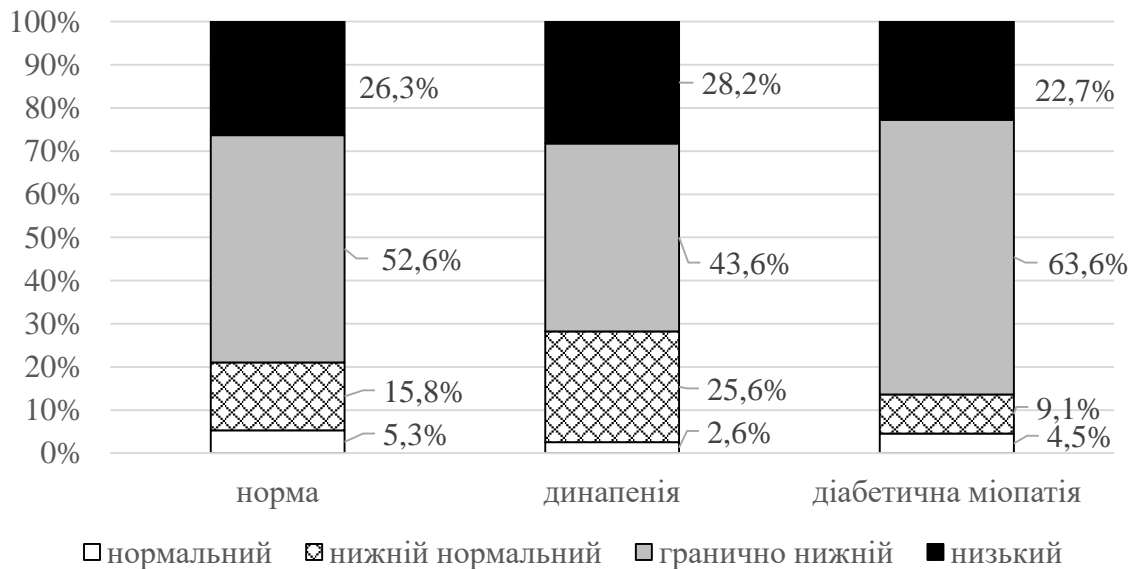


Рис. 2. Показники кісточно-плечевого індексу після фізичного навантаження у дітей, хворих на цукровий діабет, в залежності від стану скелетної мускулатури

Fig. 2. Indicators of ankle-brachial index after exercise in children with diabetes mellitus, depending on the condition of skeletal muscles

Так, серед дітей, у яких не виявлено змін з боку скелетної мускулатури, реєстрація гранично нижніх та низьких значень КПП зростає з 40,7% до фізичного навантаження до 78,9% після фізичного навантаження ($p < 0,05$). Аналогічну картину ми спостерігали і у дітей з динапенією, у яких патологічні варіанти КПП визначалися в 52,3% випадках до навантаження та у 71,8% хворих - після фізичного навантаження. Найгірші результати були отримані у дітей з діабетичною міопатією, у яких реєстрація патологічних варіантів КПП збільшилася з 48,5% до фізичного навантаження до 86,3% після фізичного навантаження ($p < 0,05$). Зниження КПП після фізичного навантаження у дітей, хворих на цукровий діабет, на нашу думку, свідчить про наявність в них латентних порушень периферичного кровообігу.

Обговорення отриманих результатів

Таким чином, отримані нами дані свідчать, що перші ознаки змін з боку скелетних м'язів з'являються вже на першому році захворювання, які проявляються погіршенням силових показників статокінетичної системи та показників статичної та динамічної витривалості. Провідною причиною зазначених змін поряд з хронічною гіперглікемією було порушення периферичного кровообігу, внаслідок чого відбувається превалювання в м'язовій тканині процесів катаболізму над анаболізмом, що підвищує втомлюваність скелетних м'язів і призводить до зниження м'язової сили [25]. Зареєстровані зміни в подальшому прогресують та супроводжуються втратою м'язової сили, тобто розвитком діабетичної міопатії. Згідно отриманими нами результатами, зниження КПП у дітей, хворих на цукровий діабет, асоціювалося з розвитком динапенії та діабетичної міопатії. Враховуючи доступність методики та простотою її виконання, визначення КПП до та після фізичного навантаження у дітей, хворих на цукровий діабет, необхідно застосовувати в якості скринінгу для оцінки стану периферичного кровообігу та виявлення його латентних порушень з подальшим проведенням лікувально-профілактичних заходів.

Висновки

1. У дітей, хворих на цукровий діабет, зі збільшенням тривалості перебігу захворювання та незадовільному стані глікемічного контролю спостерігається погіршення функціонального стану скелетної мускулатури та зменшення м'язової маси, що проявляється розвитком динапенії (49,6% випадків) та діабетичної міопатії (27,0% випадків).

2. Одним з факторів розвитку діабетичної міопатії у дітей, хворих на цукровий діабет 1 типу, виступає порушення периферичного кровообігу.

3. Дослідження кістково-плечового індексу після дозованого фізичного навантаження дозволяє виявити латентні порушення периферичного кровопостачання та може використовуватися в якості скринінгу у дітей, хворих на цукровий діабет.

Список літератури

- 1 Dimitriadis G, Maratou E, Kountouri A, Board M, Lambadiari V. Regulation of Postabsorptive and Postprandial Glucose Metabolism by Insulin-Dependent and Insulin-Independent Mechanisms: An Integrative Approach. *Nutrients* [Internet]. 2021 Jan [cited 2021 Nov 22];13(1):159. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/1/159> DOI: 10.3390/nu13010159.
- 2 Coleman S. Skeletal muscle as a therapeutic target for delaying type 1 diabetic complications. *World Journal of Diabetes* [Internet]. 2015 [cited 2021 Nov 22];6(17):1323. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4673386/> DOI: 10.4239/wjd.v6.i17.1323.
- 3 Chulvi Medrano I, Faigenbaum A, Cortell-Tormo J. ¿Puede el entrenamiento de fuerza prevenir y controlar la dinapenia pediátrica? (Can resistance training prevent and control pediatric dynapenia?) [Internet]. *Retos* [Internet]. 2017 [cited 2021 Nov 22];(33):298-307. Available from: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/70332> DOI: 10.47197/retos.v0i33.52314.
- 4 Monaco C, Perry C, Hawke T. Diabetic Myopathy: current molecular understanding of this novel neuromuscular disorder. *Current Opinion in Neurology*. 2017;30(5):545-552. DOI: 10.1097/wco.0000000000000479.
- 5 Дыдышко ЮВ, Шепелькевич АП. Возможности оценки состояния мышечного компонента в норме и при сахарном диабете. *Медицинская панорама*. 2015;(5): 45-50.
- 6 Hernández-Ochoa E, Llanos P, Lanner J. The Underlying Mechanisms of Diabetic Myopathy. *Journal of Diabetes Research* [Internet]. 2017 [cited 2021 Nov 22];(2017):1-3. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/jdr/2017/7485738/> DOI: 10.1155/2017/7485738.
- 7 Hernández E, Camilo Vanegas O. Diabetic Myopathy and Mechanisms of Disease. *Biochemistry &*

- Pharmacology: Open Access [Internet]. 2015 [cited 2021 Nov 22];04(05). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4675628/> DOI: 10.1155/2017/7485738.
- 8 Хрыщанович ВЯ. Диагностика и лечение заболеваний периферических артерий. Кардиология в Беларуси. 2020;12(3):390-408.
- 9 Максумова НВ, Фаттахов ВВ. Новые подходы к неинвазивной оценке микроваскулярной патологии периферических сосудов. Дневник казанской медицинской школы [Интернет]. 2019 [цитировано 2021 ноя 22];(1):62-66. Доступно: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38319815>.
- 10 Стяжкина СН, Михайлов А Ю, Васильева АМ. Клинический случай лечения синдрома диабетической стопы нейроишемической формы. Modern Science [Интернет]. 2021 [цитировано 2021 ноя 22];(3)2:321-323. Доступно: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44924746>.
- 11 Peters A, Snelling H, Glass D, Bird N. Estimation of Lean Body Mass in Children. Survey of Anesthesiology [Internet]. 2012 [cited 2021 Nov 22];56(1):26-27. Available from: <https://academic.oup.com/bja/article/106/5/719/279817?login=true> DOI: 10.1097/01.SA.0000410700.55371.0f.
- 12 Boer P. Estimated lean body mass as an index for normalization of body fluid volumes in humans. American Journal of Physiology-Renal Physiology. 1984;247(4):F632-F636. DOI: 10.1152/ajprenal.1984.247.4.F632.
- 13 Janssen I, Heymsfield S, Ross R. Low Relative Skeletal Muscle Mass (Sarcopenia) in Older Persons Is Associated with Functional Impairment and Physical Disability. Journal of the American Geriatrics Society . 2002;50(5):889-896. DOI: 10.1046/j.1532-5415.2002.50216.x.
- 14 Deurenberg P, Weststrate J, Seidell J. Body mass index as a measure of body fatness: age- and sex-specific prediction formulas. British Journal of Nutrition [Internet]. 1991 [cited 2021 Nov 22];65(2):105-114. Available from: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/body-mass-index-as-a-measure-of-body-fatness-age-and-sex-specific-prediction-formulas/9C03B18E1A0E4CDB0441644EE64D9AA2>. DOI: 10.1079/bjn19910073.
- 15 Akay A, Gedik A, Tutus A, Sahin H, Bircan K. Body mass index, body fat percentage and the affect of body fat mass on SWL success. European Urology Supplements. 2007;6(2):216. DOI: 10.1007/s11255-006-9133-2.
- 16 Ольховик АВ. Диагностика рухових можливостей у практиці фізичного терапевта : навч. посіб. Суми : Сумський держ. ун-т; 2018. 146 с.
- 17 Голубова ТН., Садовская ЮЯ. Оценка функционального состояния и статической выносливости мышц туловища студентов КГМУ. Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта [Интернет]. 2007 [цитировано: 2021 ноя 22];(6):79-82. Доступно: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-funktsionalnogo-sostoyaniya-i-staticheskoy-vynoslivosti-myshts-tulovischa-studentov-kgmu>.
- 18 Васильева АА. Коновалова ТГ. Оценка силовой выносливости мышц спины и пресса как способ контроля профилактики сколиоза студентов 3 курса 2-ой функциональной группы [Интернет]. Доступно: <https://sibac.info/journal/student/42/122149>. (дата обращения 2021 ноя 22).
- 19 Crawford F, Welch K, Andras A, Chappell F. Ankle brachial index for the diagnosis of lower limb peripheral arterial disease. Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]. 2016 [cited 2021 Nov 22];2016(9). Available from: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD010680.pub2/full> DOI: 10.1002/14651858.CD010680.pub2.
- 20 Сорокин АС. К вопросу валидации модели логистической регрессии в кредитном скоринге. Вестник евразийской науки. 2014 [cited 2021 Nov 22];(2)21:81. Доступно: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-validatsii-modeli-logisticheskoy-regressii-v-kreditnom-skoringe>.
- 21 Pashkova O. Ye, Chudova N. I. Evaluation of function condition of muscle system in children with diabetes mellitus. Патологія. 2020;(17)2:164-169. <http://dspace.zsmu.edu.ua/handle/123456789/12196>. DOI: 10.14739/2310-1237.2020.2.212770.
- 22 Балаболкин МИ, Креминская МВ, Клебанова ЕМ. Значение жировой ткани и ее гормонов в механизмах инсулиновой резистентности и развития сахарного диабета 2 типа. Клиническая медицина. 2007;(7):20-27.
- 23 Rijk J, Roos P, Deckx L, van den Akker M, Buntinx F. Prognostic value of handgrip strength in people aged 60 years and older: A systematic review and meta-analysis. Geriatrics & Gerontology International. 2015;16(1):5-20. DOI: 10.1111/ggi.12508.
- 24 Chudova NI, Pashkova OY. Risk factors for developing diabetic myopathy in children with type 1 diabetes mellitus. World Science. 2021;(66)5:29-33. <https://rsglobal.pl/index.php/ws/article/view/1982>. DOI: 10.31435/rsglobal_ws/30052021/7587.
- 25 Kim J, Lim S, Choi S, Kim K, Yoon J, Kim K et al. Sarcopenia: An Independent Predictor of Mortality in Community-Dwelling Older Korean Men. The Journals of Gerontology: Series A [Internet]. 2014 [cited 2021 Nov 22];69(10):1244-1252. Available from: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article/69/10/1244/2947786?login=true> DOI: 10.1093/gerona/glu050.

References

- Dimitriadis G, Maratou E, Kountouri A, Board M, Lambadiari V. Regulation of Postabsorptive and Postprandial Glucose Metabolism by Insulin-Dependent and Insulin-Independent Mechanisms: An Integrative Approach. Nutrients [Internet]. 2021 Jan [cited 2021 Nov 22];13(1):159. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/1/159>. DOI: 10.3390/nu13010159.
- Coleman S. Skeletal muscle as a therapeutic target for delaying type 1 diabetic complications. World Journal of Diabetes [Internet]. 2015 [cited 2021 Nov 22];6(17):1323. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4673386/>. DOI: 10.4239/wjd.v6.i17.1323.
- Chulvi Medrano I, Faigenbaum A, Cortell-Tormo J. ¿Puede el entrenamiento de fuerza prevenir y controlar la

- dinapenia pediátrica? (Can resistance training prevent and control pediatric dynapenia? [Internet]. Retos [Internet]. 2017 [cited 2021 Nov 22];(33):298-307. Available from: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/70332>. DOI: 10.47197/retos.v0i33.52314.
4. Monaco C, Perry C, Hawke T. Diabetic Myopathy: current molecular understanding of this novel neuromuscular disorder. *Current Opinion in Neurology*. 2017;30(5):545-552. DOI: 10.1097/wco.0000000000000479.
5. Dy`dy`shko YuV, Shepel`kevich AP. Vozmozhnosti ocenki sostoyaniya my`shechnogo komponenta v norme i pri sakharnom diabete [Possibilities for assessing the state of the muscle component in health and diabetes mellitus]. *Medicinskaya panorama*. 2015;(5):45-50.
6. Hernández-Ochoa E, Llanos P, Lanner J. The Underlying Mechanisms of Diabetic Myopathy. *Journal of Diabetes Research* [Internet]. 2017 [cited 2021 Nov 22];(2017):1-3. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/jdr/2017/7485738/>. DOI: 10.1155/2017/7485738.
7. Hernández E, Camilo Vanegas O. Diabetic Myopathy and Mechanisms of Disease. *Biochemistry & Pharmacology: Open Access* [Internet]. 2015 [cited 2021 Nov 22];04(05). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4675628/>. DOI: 10.1155/2017/7485738.
8. Khry`shhanovich VYa. Diagnostika i lechenie zabolevanij perifericheskikh arterij [Diagnosis and treatment of peripheral arterial disease]. *Kardiologiya v Belarusi*. 2020;12(3):390-408.
9. Maksumova NV, Fattakhov VV. Novy`e podkhody`k nein vazivnoj ocenke mikrovaskulyarnoj patologii perifericheskikh sosudov [New approaches to non-invasive assessment of microvascular pathology of peripheral vessels]. *Dnevnik kazanskoj mediczinskoj shkoly`* [Internet]. 2019 [cited 2021 Nov 22];(1):62-66. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38319815>.
10. Styazhkina SN, Mikhajlov AYu, Vasil`eva AM. Klinicheskij sluchaj lecheniya sindroma diabeticheskoy stopy` nejroishemicheskoy formy [Clinical case of treatment of neuroischemic diabetic foot syndrome]. *Modern Science* [Internet]. 2021 [cited 2021 Nov 22];(3)2:321-323. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44924746>.
11. Peters A, Snelling H, Glass D, Bird N. Estimation of Lean Body Mass in Children. *Survey of Anesthesiology* [Internet]. 2012 [cited 2021 Nov 22];56(1):26-27. Available from: <https://academic.oup.com/bja/article/106/5/719/279817?log in=true>. DOI: 10.1097/01.SA.0000410700.55371.0f.
12. Boer P. Estimated lean body mass as an index for normalization of body fluid volumes in humans. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*. 1984;247(4):F632-F636. DOI: 10.1152/ajprenal.1984.247.4.F632.
13. Janssen I, Heymsfield S, Ross R. Low Relative Skeletal Muscle Mass (Sarcopenia) in Older Persons Is Associated with Functional Impairment and Physical Disability. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2002;50(5):889-896. DOI: 10.1046/j.1532-5415.2002.50216.x.
14. Deurenberg P, Weststrate J, Seidell J. Body mass index as a measure of body fatness: age- and sex-specific prediction formulas. *British Journal of Nutrition* [Internet]. 1991 [cited 2021 Nov 22];65(2):105-114. Available from: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/body-mass-index-as-a-measure-of-body-fatness-age-and-sex-specific-prediction-formulas/9C03B18E1A0E4CDB0441644EE64D9AA2>. DOI: 10.1079/bjn19910073.
15. Akay A, Gedik A, Tutus A, Sahin H, Bircan K. Body mass index, body fat percentage and the affect of body fat mass on SWL success. *European Urology Supplements*. 2007;6(2):216. DOI: 10.1007/s11255-006-9133-2.
16. OI`khovik AV. Di`agnostika rukhovikh mozhlivostej u prakticzii fi`zichnogo terapevta [Diagnosis of motor abilities in the practice of a physical therapist]: navch. posib. Sumi : Sums`kij derzh. un-t; 2018. 146 p.
17. Golubova TN, Sadovskaya YuYa. Ocenka funkcional`nogo sostoyaniya i staticheskoy vy`noslivosti my`shcz tulovishha studentov KGMU [Assessment of the functional state and static endurance of the trunk muscles of KSMU students]. *Pedagogika, psikhologiya i mediko-biologicheskie problemy` fizicheskogo vospitaniya i sporta* [Internet]. 2007 [cited 2021 Nov 22];(6):79-82. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-funktsionalnogo-sostoyaniya-i-staticheskoy-vynoslivosti-myshts-tulovishha-studentov-kgmu>.
18. Vasil`eva AA, Konovalova TG. Ocenka silovoj vy`noslivosti my`shcz spiny` i pressa kak sposob kontrolya profilaktiki skolioza studentov 3 kursa 2-oj funkcional`noj grupy` [Assessment of the strength endurance of the muscles of the back and the press as a way to control the prevention of scoliosis of 3rd year students of the 2nd functional group] [Internet]. Available from: <https://sibac.info/journal/student/42/122149>. (Date of the application 2021 nov 22).
19. Crawford F, Welch K, Andras A, Chappell F. Ankle brachial index for the diagnosis of lower limb peripheral arterial disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [Internet]. 2016 [cited 2021 Nov 22];2016(9). Available from: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD010680.pub2/full>. DOI: 10.1002/14651858.CD010680.pub2.
20. Sorokin AS. K voprosu validaczii modeli logisticheskoy regressii v kreditnom skoringe [On the issue of validating the logistic regression model in credit scoring]. *Vestnik evrazijskoj nauki*. 2014 [cited 2021 Nov 22];(2)21:81. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-validatsii-modeli-logisticheskoy-regressii-v-kreditnom-skoringe>.
21. Pashkova OYe, Chudova NI. Evaluation of function condition of muscle system in children with diabetes mellitus. *Patologia*. 2020;(17)2:164-169. <http://dspace.zsmu.edu.ua/handle/123456789/12196>. DOI: 10.14739/2310-1237.2020.2.212770.
22. Balabolkin MI, Kreminskaya MV, Klebanova EM. Znachenie zhirovoj tkani i ee gormonov v mekhanizmaxh insulinovoj rezistentnosti i razvitiya sakharnogo diabeta 2 tipa [The importance of adipose tissue and its hormones in the mechanisms of insulin resistance and the development of

type 2 diabetes mellitus]. *Klinicheskaya mediczina*. 2007;(7):20-27.

23. Rijk J, Roos P, Deckx L, van den Akker M, Buntinx F. Prognostic value of handgrip strength in people aged 60 years and older: A systematic review and meta-analysis. *Geriatrics & Gerontology International*. 2015;16(1):5-20. DOI: 10.1111/ggi.12508.

24. Chudova NI, Pashkova OY. Risk factors for developing diabetic myopathy in children with type 1 diabetes mellitus. *World Science*. 2021;(66)5:29-33.

<https://rsglobal.pl/index.php/ws/article/view/1982>. DOI: 10.31435/rsglobal_ws/30052021/7587.

25. Kim J, Lim S, Choi S, Kim K, Yoon J, Kim K et al. Sarcopenia: An Independent Predictor of Mortality in Community-Dwelling Older Korean Men. *The Journals of Gerontology: Series A [Internet]*. 2014 [cited 2021 Nov 22];69(10):1244-1252. Available from:

<https://academic.oup.com/biomedgerontology/article/69/10/1244/2947786?login=true>. DOI: 10.1093/gerona/glu050.

THE ROLE OF PERIPHERAL CIRCULATION DISORDERS IN THE DEVELOPMENT OF DIABETIC MYOPATHY IN CHILDREN WITH DIABETES MELLITUS

Pashkova Olena, Chudova Natalia

Mail for correspondence: chudovanatalia25@gmail.com

Abstract. *The significance and role of peripheral blood circulation sufficiency in the formation of disorders of the muscular system in children with diabetes mellitus remain insufficiently studied. At the same time, the formation of some chronic complications of diabetes is associated with a deficient muscular system function.*

Aim of study. *To discover the state of blood supply to the lower extremities in children with type 1 diabetes mellitus, according to the ankle-brachial index and to determine the value of deviations in the development of diabetic myopathy.*

Materials and methods. *We examined 137 children with type 1 diabetes mellitus. The control group included 41 apparently healthy children. Assessment of the functional state of skeletal muscles, determination of the skeletal muscle index, hand force index and ankle-brachial index before and after exercise were studied in all patients. The ROC analysis was used to calculate cut-off points for the hand force index and the skeletal muscle index in order to determine the diagnostic criteria for dynapenia and diabetic myopathy.*

Results. *We observed functional disorders of skeletal muscles and a decrease in the skeletal muscle index already in the first year of diabetes mellitus. In dynamics, the progression of violations was noted. Found a negative correlation between the level of glycated hemoglobin and the skeletal muscle index ($r = -0.49$, $p < 0.05$), and muscle strength ($r = -0.31$, $p < 0.05$), and a positive correlation with the index percentage of body fat ($r = + 0.49$, $p < 0.05$). Dynapenia was diagnosed in 68 (49.6%) children with type 1 diabetes mellitus. Diabetic myopathy was established in 37 (27.0%) patients. Changes in skeletal muscles in children with diabetes mellitus were accompanied by a deterioration in peripheral blood supply. This was supported by a decrease in the ankle-brachial index at rest and more significantly after exercise. The worst results were obtained in the group of children with diabetic myopathy.*

Conclusions. *1. We discovered impairment in the functional state of skeletal muscles and a decrease in muscle mass in the form of dynapenia (49.6% of cases) and diabetic myopathy (27.0% of cases) in children with diabetes mellitus, taking into account the increase in the duration of the course of the disease and the insufficient state of glycemic control. 2. Impairment of peripheral circulation is one of the factors in the development of diabetic myopathy in children with type 1 diabetes mellitus. 3. The study of the ankle-brachial index after dosed physical activity can be used to diagnose latent disorders of peripheral blood supply. We can use the definition of the ankle-brachial index as a screening for children with type 1 diabetes mellitus.*

Key words: diabetes mellitus, diabetic myopathy, ankle-brachial index, children

For citation: Pashkova O, Chudova N. THE ROLE OF PERIPHERAL CIRCULATION DISORDERS IN THE DEVELOPMENT OF DIABETIC MYOPATHY IN CHILDREN WITH DIABETES MELLITUS. *Actual problems of modern medicine*. 2021;8:69–78. DOI: 10.26565/2617-409X-2021-8-07.

Information about author

Pashkova Olena, MD, Professor of the Department of Hospital Pediatrics, Zaporizhzhya State Medical University, 26 Mayakovsky Avenue, Zaporizhzhya, Ukraine, 69035, tel: 0667716895

e-mail: elenapashkova0901@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3935-5103>

Chudova Natalia, Assistant of the Department of Hospital Pediatrics, Zaporizhzhya State Medical University, 26

Mayakovsky Avenue, Zaporizhzhya, Ukraine, 69035

e-mail: chudovanatalia25@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5641-1843>

РОЛЬ НАРУШЕНИЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ В РАЗВИТИИ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ МИОПАТИИ У ДЕТЕЙ, БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

Пашкова Е. Е., Чудова Н. И.

Почта для переписки: chudovanatalia25@gmail.com

Резюме. Значение достаточного периферического кровообращения и его роль в формировании нарушений со стороны мышечной системы у детей, больных сахарным диабетом, остается малоизученным. В то же время формирование ряда хронических осложнений диабета связано с недостаточной функцией мышечной системы. Цель: оценить состояние кровоснабжения нижних конечностей у детей, больных сахарным диабетом 1 типа, по данным лодыжечно-плечевого индекса и определить роль его нарушений в развитии диабетической миопатии.

Материалы и методы. Обследовано 137 детей, больных сахарным диабетом 1 типа. Контрольную группу составил 41 условно здоровый ребенок. У всех детей производилась оценка функционального состояния скелетной мускулатуры, определялись индекс скелетной мускулатуры, индекс кистевой силы и лодыжечно-плечевой индекс до и после физической нагрузки. Для определения диагностических критериев динапении и диабетической миопатии с помощью ROC-анализа производился расчет точек отсечения показателей индекса кистевой силы и индекса скелетной мускулатуры.

Результаты. Функциональные нарушения скелетных мышц и снижение индекса скелетной мускулатуры наблюдалось уже на 1-м году заболевания сахарным диабетом 1 типа и прогрессировало в динамике. Обнаружена обратная корреляционная связь уровня гликированного гемоглобина с индексом скелетной мускулатуры ($r=-0,49$, $p<0,05$), силой мышц ($r=-0,31$, $p<0,05$) и положительная связь с показателем процента жира в организме ($r=+0,49$, $p<0,05$). Динапения была диагностирована у 68 (49,6%) детей, больных сахарным диабетом 1 типа, диабетическая миопатия установлена у 37 (27,0%) пациентов. Установлено, что изменения со стороны скелетных мышц у детей больных сахарным диабетом 1 типа сопровождалось ухудшением периферического кровоснабжения, о чем свидетельствовало снижение показателей индекса кистевой силы в покое и, в большей степени, после выполнения физической нагрузки. Худшие результаты были получены в группе детей с диабетической миопатией.

Выводы. 1. У детей, больных сахарным диабетом, с увеличением продолжительности течения заболевания и неудовлетворительном состоянии гликемического контроля наблюдается ухудшение функционального состояния скелетной мускулатуры и уменьшение мышечной массы, что проявляется развитием динапении (49,6% случаев) и диабетической миопатии (27,0% случаев). 2. Одним из факторов развития диабетической миопатии у детей, больных сахарным диабетом 1 типа, выступает нарушение периферического кровообращения. 3. Исследование лодыжечно-плечевого индекса после дозированной физической нагрузки позволяет выявить латентные нарушения периферического кровоснабжения и может использоваться в качестве скрининга у детей, больных сахарным диабетом.

Ключевые слова: сахарный диабет, диабетическая миопатия, лодыжечно-плечевой индекс, дети

Информация об авторах

Пашкова Елена Егоровна, д. мед. н., проф. кафедры госпитальной педиатрии Запорожского государственного медицинского университета, проспект Маяковского, 26, Запорожье, Украина, 69035, тел: 0667716895

e-mail: elenapashkova0901@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3935-5103>
 Чудова Наталья Игоревна, ассистент кафедры госпитальной педиатрии Запорожского государственного медицинского университета, проспект

Маяковского, 26, Запорожье, Украина, 69035

e-mail: chudovanatalia25@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5641-1843>

Отримано: 07.11.2021 року

Прийнято до друку: 21.11.2021 року

Received: 07.11.2021

Accepted: 21.11.2021

Conflicts of interest: author has no conflict of interest to declare.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Конфликт интересов: отсутствует.