

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕМЕНТНОГО ГОМЕОСТАЗА И МЕТАБОЛИЗМА КОСТНОЙ ТКАНИ У ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА ПЕРЕД ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИЕЙ

М.К. Молчанов^{1,2*}, С.В. Нотова¹¹ ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13² ООО «МаксиДент»,
Российская Федерация, 460040, г. Оренбург, ул. Геннадия Донковцева, 5

РЕЗЮМЕ. Несмотря на значительные достижения в области науки и медицины, проблема гипергликемии продолжает оставаться актуальной. Пациенты с различным уровнем нарушений углеводного обмена имеют повышенный риск развития ряда других сопутствующих заболеваний, в частности, патологий костной ткани. Это в свою очередь приводит к увеличению вероятности осложнений при протезировании зубов с использованием дентальных имплантатов.

Цель исследования – изучить показатели элементного гомеостаза, метаболизма костной ткани у пациентов в норме и при нарушениях углеводного обмена перед дентальной имплантацией.

Материалы и методы. В исследование включено 90 мужчин, которым была запланирована дентальная имплантация. В ходе исследования сформированы три группы: контроль – условно здоровые пациенты, уровень глюкозы натощак < 5,5 ммоль/л; основная 1 – пациенты с ранними нарушениями углеводного обмена, уровень глюкозы 5,6–6,5 ммоль/л; основная 2 – пациенты с сахарным диабетом 2-го типа, уровень глюкозы 6,5–10 ммоль/л. У всех обследованных пациентов производился забор крови для оценки показателей метаболизма костной ткани и элементного статуса.

Результаты. Степень проявления нарушений углеводного обмена оказывает влияние на показатели метаболизма костной ткани (более высокая активность щелочной фосфатазы и более высокие значения паратиреоидного гормона на фоне более низких значений кальцитонина и витамина D) и приводит к дисбалансу химических элементов. Установлена обратная взаимосвязь между уровнями кальция и цинка с показателями углеводного обмена (глюкоза натощак и гликированный гемоглобин) в сыворотке крови.

Выводы. Полученные данные показывают необходимость комплексного подхода к изучению химических элементов у пациентов с нарушениями углеводного обмена, с акцентом на уровни цинка и кальция, с целью раннего выявления и коррекции элементного дисбаланса для снижения рисков дентальной имплантации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: микроэлементы, костная ткань, углеводный обмен, сахарный диабет 2-го типа, дентальная имплантация.

Для цитирования: Молчанов М.К., Нотова С.В. Показатели элементного гомеостаза и метаболизма костной ткани у пациентов с нарушениями углеводного обмена перед дентальной имплантацией. Микроэлементы в медицине. 2025; 26(1): 37–44. DOI: 10.19112/2413-6174-2025-26-1-37-44.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на значительные достижения в области науки и медицины, проблема гипергликемии продолжает оставаться актуальной. Согласно многочисленным исследованиям, у людей с наличием ранних нарушений углеводного обмена в 70% случаев в течение жизни развивается сахарный диабет 2-го типа (Tabak et al., 2012;

Hostalek et al., 2019; Мамедов и др., 2023). Кроме того, пациенты с различным уровнем нарушений углеводного обмена имеют повышенный риск развития ряда других сопутствующих заболеваний, в частности, патологий костной ткани, что связано с накоплением конечных продуктов гликирования и гипергомоцистеинемии, которые увеличивают апоптоз остецитов, уменьшают

* Адрес для переписки:

Максим Константинович Молчанов

E-mail: mk_molchanov@rambler.ru

костеобразование и замедляют костное ремоделирование (Нуруллина, Ахмадуллина, 2017; Sheu et al., 2022; Qiu et al., 2023). По этой причине для пациентов с гипергликемией протезирование зубов с опорой на дентальные имплантаты небезопасно, так как увеличивается риск развития в послеоперационном периоде инфекционно-воспалительных осложнений с оголением конструктивных элементов имплантов и угрозой их отторжения. Кроме того, пациенты с диабетом также имеют повышенный риск развития таких заболеваний, как гингивит и пародонтит (Mauri-Obradors et al., 2017). Согласно современным представлениям, существует тесная связь между уровнем гликемии, метаболизмом костной ткани и изменениями в содержании ряда макро- и микроэлементов в организме (Chen et al., 2024; Jia, Chen, 2024). Это обусловлено тем, что физиологические и биохимические функции химических элементов являются плеiotропными, что свидетельствует об их значительной роли в функционировании организма и поддержании нормальной жизнедеятельности (Ruan et al., 2023).

Цель исследования – изучить показатели элементного гомеостаза, метаболизма костной ткани у пациентов в норме и при нарушениях углеводного обмена.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Клиническое исследование включало в себя проведение обследования условно здоровых пациентов и пациентов с различным уровнем нарушений углеводного обмена. Отбор клинического материала (сыворотка крови) производили на базе стоматологической клиники «Максидент» (г. Оренбург). В исследование включено 90 мужчин, которым была запланирована дентальная имплантация. От всех обследованных пациентов получено информированное согласие на забор биологического материала перед имплантацией и его использование для научно-исследовательских целей. Возраст пациентов варьировал от 45 до 60 лет. В ходе исследования были сформированы три группы: контроль – условно здоровые пациенты, уровень глюкозы натощак $< 5,5$ ммоль/л; основная 1 – пациенты с ранними нарушениями углеводного обмена, уровень глюкозы 5,6–6,5 ммоль/л; основная 2 – пациенты с сахарным диабетом 2-го типа, уровень глюкозы 6,5–10 ммоль/л. Все участники исследования не принимали витаминно-минеральные

добавки и проживали на территории Оренбургской области более 5 лет. Критериями исключения из исследования являлись хронические декомпенсированные заболевания и стаж сахарного диабета не более 5 лет.

Биохимический анализ крови и показатели костного обмена (щелочная фосфатаза, кальцитонин, паратиреоидный гормон и витамина D) у исследуемых пациентов проводили натощак в аккредитованной лаборатории «Моя наука» (г. Оренбург). Анализ общего содержания химических элементов в образцах сыворотки крови выполняли в аккредитованной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва).

Полученные данные обрабатывали при помощи методов вариационной статистики с применением статистического пакета STATISTICA 10 (StatSoft Inc., США). Гипотеза о принадлежности данных нормальному распределению была отклонена во всех случаях с вероятностью 95%, что обосновало применение непараметрического U-критерия Манна–Уитни. Взаимосвязи между параметрами оценивали при помощи метода ранговых корреляций Спирмена. Во всех процедурах статистического анализа рассчитывали достигнутый уровень значимости (p), при этом критическим уровнем значимости принимали $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У пациентов основных групп 1 и 2 чаще встречалась склонность к кровотечениям при удалении зубов, кровоточивость десен, наличие костных операций в анамнезе, высыпаний на слизистой рта и воспалений в челюстной-лицевой области. Основной причиной потери зубов у пациентов с нарушениями углеводного обмена был пародонтит.

При оценке биохимического анализа крови у пациентов основных групп 1 и 2 установлена атерогенная дислипидемия (табл. 1). Данное состояние выражалось в увеличении уровня триглицеридов и липопротеидов низкой плотности на фоне снижения липопротеидов высокой плотности, что привело к увеличению коэффициента атерогенности. Такие нарушения в липидном обмене часто связаны с резистентностью к инсулину, которая может влиять на активность липопротеинлипазы, белка-переносчика эфиров холестерина, белка-переносчика фосфолипидов, эндотелиальной липазы и липазы печени (Charpman et al., 2011; Athyros et al., 2018).

Таблица 1. Показатели биохимического анализа крови у пациентов в норме и при нарушениях углеводного обмена

Показатель	Группа		
	Контроль	Основная 1	Основная 2
Общий белок, г/л	73,6 (72,5–74,9)	76,1 (74,9–76,8) ^a	76,9 (75,9–77,9) ^{b, cc}
Триглицериды, ммоль/л	1,2 (1,03–1,58)	2,21 (2–2,49) ^{aa}	2,56 (2,2–3,2) ^{bb, cc}
Холестерин, ммоль/л	5 (4,79–5,4)	5,94 (5,57–6,21) ^{aa}	5,82 (5,45–6,04) ^{bb}
Липопротеиды высокой плотности, ммоль/л	1,24 (1,2–1,35)	1,1 (1,07–1,19) ^{aa}	1,05 (0,97–1,13) ^{bb, c}
Липопротеиды низкой плотности, ммоль/л	2,72 (2,3–3,08)	3,1 (2,72–3,56) ^a	3,46 (3,21–3,61) ^{bb}
Коэффициент атерогенности, %	3,06 (2,66–3,34)	4,5 (3,97–5,01) ^{aa}	4,65 (4,39–4,75) ^{bb}
Глюкоза, ммоль/л	4,73 (4,48–4,96)	5,8 (5,79–5,97) ^{aa}	8,39 (8,09–8,79) ^{bb, cc}
Гликированный гемоглобин, %	5,39 (5,27–5,59)	6,05 (5,84–6,21) ^{aa}	7,57 (7,03–8,12) ^{bb, cc}

Примечание: а, аа – статистически значимая разница между основной 1 и контрольной группами при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$; b, bb – статистически значимая разница между основной 2 и контрольной группами при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$; c, cc – статистически значимая разница между основными группами 1 и 2 при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$.

Таблица 2. Показатели маркеров метаболизма костной ткани у пациентов в норме и при нарушениях углеводного обмена

Показатель	Группа		
	Контроль	Основная 1	Основная 2
Щелочная фосфатаза, ЕД/л	153,2 (147,6–160,6)	171,6 (163,6–184) ^a	193 (172,3–208,9) ^{bb, c}
Кальцитонин, пг/мл	5,98 (4,08–6,68)	3,88 (1,08–5,59) ^a	1,83 (1,08–2,75) ^{bb, c}
Паратиреоидный гормон, пг/мл	33 (27,5–38,5)	45,4 (42,84–46,9) ^{aa}	46,64 (46,03–47,6) ^{bb}
Витамин D, мкг/л	40,03 (36,47–44,65)	30,55 (29,52–31,3) ^{aa}	20,2 (19,2–21,5) ^{bb, cc}

Примечание: а, аа – статистически значимая разница между основной 1 и контрольной группами при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$; b, bb – статистически значимая разница между основной 2 и контрольной группами при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$; c, cc – статистически значимая разница между основной 1 и 2 группами при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$.

Ряд клинических исследований показывает, что прогрессирование сахарного диабета 2-го типа нарушает работу клеток костной ткани (остеобластов, остеокластов и остеоцитов), что связано с резистентностью к инсулину, конечными продуктами гликирования и увеличением количества активных форм кислорода (Larmanee et al., 2014; Wongdee et al., 2017). Результаты исследования показали, что маркеры метаболизма костной ткани у пациентов всех групп находились в пределах нормальных значений, исключение составил уровень витамина D (табл. 2).

Однако у пациентов основных групп 1 и 2 относительно контрольных значений наблюдалась более высокая активность щелочной фосфатазы на 12 и 26%, выше уровень паратиреоидного гормона на 37,5 и 41,2% на фоне более низкого уровня кальцитонина – на 35,1 и 69,3% соответственно.

Большое количество исследований указывает на неоспоримую связь между осложнениями гипергликемии, в частности нарушением метаболизма костной ткани, и элементным гомеостазом (Wongdee et al., 2017; Jiang et al., 2022; Ru et al., 2024). В связи с этим был проведён анализ

общего содержания химических элементов в сыворотке крови у пациентов с различным уровнем нарушений углеводного обмена (рис. 1). Установлено, что уровень йода ниже нормальных значений во всех исследуемых группах. Данный факт объясняется биогеохимическими особенностями территории, так как известно, что Оренбургская область является дефицитной по содержанию йода (Мирошников и др., 2013). У пациентов с ранними нарушениями углеводного обмена уровень остальных эссенциальных химических элементов соответствовал нормальным значениям, однако наблюдались статистически значимо более низкие уровни кобальта на 7,3%, кальция – на 3% и более высокие уровни хрома – на 30,6%, марганца – на 15,1% соответственно. У пациентов с сахарным диабетом 2-го типа уро-

вень цинка оказался ниже установленных нормальных значений. Относительно контрольных значений у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа зафиксированы более низкие уровни кобальта на 21,2%, натрия – на 20,2%, кальция – на 11,5%, железа – на 8,83% и более высокие значения меди – на 18,1%, марганца – на 12,8%, калия – на 6,7% соответственно. Более выраженные изменения элементного гомеостаза сыворотки крови наблюдались в группе пациентов с сахарным диабетом 2-го типа.

Выявлена сильная обратная связь кальция ($r=-0,798$; $p<0,05$) и цинка ($r=-0,683$; $p<0,05$) с уровнем глюкозы в сыворотке крови (рис. 2). Аналогичная связь для кальция ($r=-0,75$; $p<0,05$) и цинка ($r=-0,605$; $p<0,05$) установлена с уровнем гликированного гемоглобина.

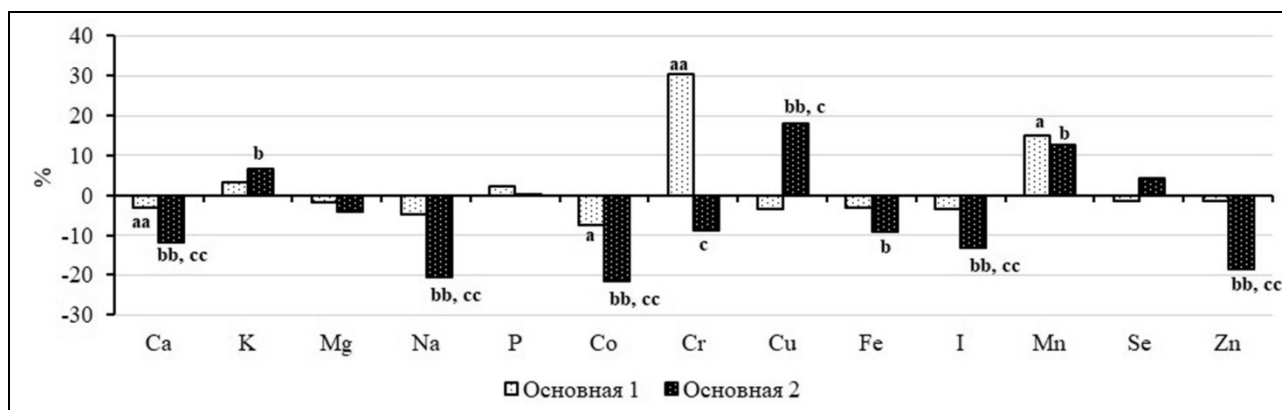


Рис. 1. Относительные значения содержания эссенциальных химических элементов в сыворотке крови у пациентов при нарушениях углеводного обмена:

ось $X(0)$ – уровень элементов в контрольной группе; а, аа – статистически значимая разница между основной 1 и контрольной группами при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$; b, bb – статистически значимая разница между основной 2 и контрольной группами при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$; c, cc – статистически значимая разница между основными группами 1 и 2 при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$

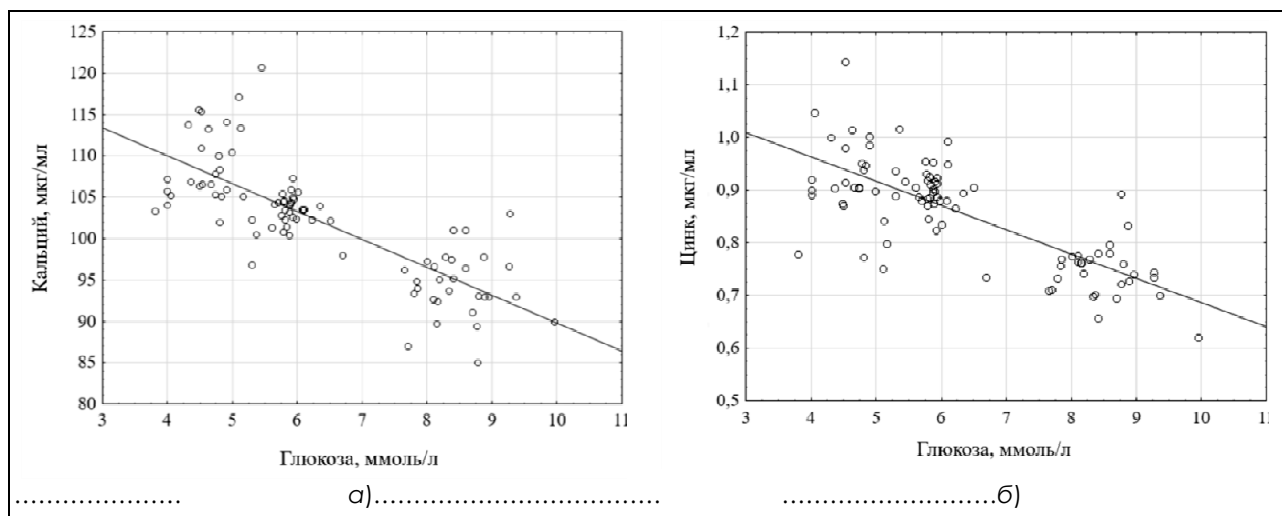


Рис. 2. Графики корреляционных зависимостей между общим содержанием кальция (а), цинка (б) с уровнем глюкозы в сыворотке крови

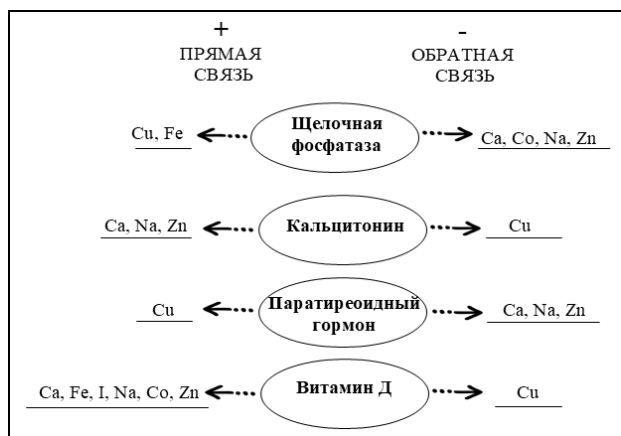


Рис. 3. Взаимосвязь содержания химических элементов и показателей костного метаболизма в сыворотке крови у пациентов при различных уровнях нарушений углеводного обмена (при $r > 0,3$; $p < 0,05$)

Оба химических элемента играют важную роль в регуляции метаболизма углеводов. Любые изменения в обмене кальция могут оказывать неблагоприятное воздействие на секреторную функцию β -клеток и препятствовать нормальному высвобождению инсулина, особенно в ответ на нагрузку глюкозой (Pittas et al., 2007; Siddiqui et al., 2014; Faysal et al., 2023). Цинк способствует усвоению глюкозы мышечными и жировыми клетками; необходим в качестве кофактора для функционирования ряда внутриклеточных ферментов, которые участвуют в метаболизме глюкозы. Также цинк может участвовать в регуляции механизма передачи сигнала, инициируемого рецептором инсулина, и в синтезе рецептора инсулина (Tang X., Shay, 2001; Fernández-Cao et al., 2019; Bjørklund et al., 2020).

Макро- и микроэлементы принимают непосредственное участие в биохимических процессах костной ткани. Многие химические элементы являются кофакторами ферментов, регулирующих синтез костного матрикса, его минерализацию, а также равномерный рост, гибкость и прочность костной ткани. Соответственно, дисбаланс любого из эссенциальных элементов в организме может нарушить костный метаболизм, особенно у людей старшего возраста (Ciosek et al., 2021; Li et al., 2024).

Исследование уровня химических элементов у пациентов с различными нарушениями углеводного обмена показал, что даже незначительный их дисбаланс влияет на ряд метаболических процессов в организме. Поскольку у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа часто наблюдаются нарушения костного метаболизма, оценка элементного гомеостаза особенно важна в рамках предотвращения развития остеопороза, воспалительно-деструктивных заболеваний пародонта и других заболеваний костной ткани. Комплексный подход к изучению влияния микроэлементов на обмен веществ может способствовать более глубокому пониманию развития сахарного диабета 2-го типа и разработке эффективных методов профилактики, диагностики и лечения данной патологии.

ВЫВОДЫ

1. У пациентов с различными нарушениями углеводного обмена отмечается более высокая частота встречаемости осложнений со стороны стоматологического анамнеза и развитие атерогенной дислипидемии разной степени выраженности. Выявлена более высокая активность щелочной фосфатазы и уровень паратиреоидного гормона на фоне более низких значений кальцитонина и витамина D относительно контрольной группы.

2. Уровень гликемии влияет на характер элементного гомеостаза. У пациентов с ранними нарушениями углеводного обмена статистически значимо более низкие значения кобальта, кальция и более высокие значения хрома, марганца. У пациентов с сахарным диабетом 2-го типа уровень цинка находится ниже установленных нормальных значений. Отмечается статистически значимо более низкие значения кобальта, натрия, кальция, железа и более высокие значения меди, марганца и калия. Во всех исследуемых группах уровень йода в сыворотке крови ниже нормальных значений, что связано с биогеохимическими особенностями территории Оренбургской области. Установлена обратная взаимосвязь между уровнем кальция и цинка с показателями углеводного обмена (глюкоза натощак и гликированный гемоглобин) в сыворотке крови.

Конфликт интересов

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

Conflict of interest

The authors declare no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

ЛИТЕРАТУРА

- Мамедов М.Н., Сушкова Л.Т., Исаков Р.В., Куценко В.А., Драпкина О.М. Оценка нарушений липидного обмена и гипергликемии в открытой популяции 30–69 лет: результаты многоцентрового исследования. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2023; 22(6): 3597. DOI: 10.15829/1728-8800-2023-3597.
- Мирошников С.В., Нотова С.В., Кияева Е.В., Алиджанова И.Э., Слободсков А.А. Особенности элементного состава волос и различных структур щитовидной железы в эндемичной по дефициту йода области. Вестник ОГУ. 2013; 10(159): 17–20.
- Нуруллина Г.М., Ахмадуллина Г.И. Особенности костного метаболизма при сахарном диабете. Остеопороз и остеопатии. 2017; 20(3): 82–89. DOI: 10.14341/osteo2017382-89.
- Athyros V.G., Doumas M., Imprialos K.P., Stavropoulos K., Georgiou E., Katsimardou A., Karagiannis A. Diabetes and lipid metabolism. *Hormones (Athens)*. 2018; 17(1): 61–67. DOI: 10.1007/s42000-018-0014-8.
- Bjørklund G., Dadar M., Pivina L., Doşa M.D., Semenova Y., Aaseth J. The Role of Zinc and Copper in Insulin Resistance and Diabetes Mellitus. *Curr Med Chem*. 2020; 27(39): 6643–6657. DOI: 10.2174/0929867326666190902122155.
- Chapman M.J., Ginsberg H.N., Amarencu P., Andreotti F., Borén J., Catapano A.L., Descamps O.S., Fisher E., Kovanen P.T., Kuivenhoven J.A., Lesnik P., Masana L., Nordestgaard B.G., Ray K.K., Reiner Z., Taskinen M.R., Tokgözoğlu L., Tybjaerg-Hansen A., Watts G.F., European Atherosclerosis Society Consensus Panel. Triglyceride-rich lipoproteins and high-density lipoprotein cholesterol in patients at high risk of cardiovascular disease: evidence and guidance for management. *Eur Heart J*. 2011; 32: 1345–1361. DOI: 10.1093/eurheartj/ehr112.
- Chen Y., Zhao W., Hu A., Lin S., Chen P., Yang B., Fan Z., Qi J., Zhang W., Gao H., Yu X., Chen H., Chen L., Wang H. Type 2 diabetic mellitus related osteoporosis: focusing on ferroptosis. *J Transl Med*. 2024; 22(1): 409. DOI: 10.1186/s12967-024-05191-x.
- Ciosek Z., Kot K., Kosik-Bogacka D., Łanocha-Arendarczyk N., Rotter I. The Effects of Calcium, Magnesium, Phosphorus, Fluoride, and Lead on Bone Tissue. *Biomolecules*. 2021; 11(4): 506. DOI: 10.3390/biom11040506.
- Faysal M.R., Akter T., Hossain M.S., Begum S., Banu M., Tasnim J., Sultana I., Krishna S.P., Alam S., Akter T., Jenea A.T. Study of Serum Calcium and Magnesium Levels in Type 2 Diabetes Mellitus Patients. *Mymensingh Med J*. 2023; 32(1): 54–60.
- Fernández-Cao J.C., Warthon-Medina M., H Moran V., Arijia V., Doepping C., Serra-Majem L., Lowe N.M. Zinc Intake and Status and Risk of Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2019; 11(5): 1027. DOI: 10.3390/nu11051027.
- Jia M-J., Chen L. Effect of trace elements and nutrients on diabetes and its complications: a Mendelian randomization study. *Front. Nutr*. 2024; 11: 1439217. DOI: 10.3389/fnut.2024.1439217.
- Jiang Z., Wang H., Qi G., Jiang C., Chen K., Yan Z. Iron overload-induced ferroptosis of osteoblasts inhibits osteogenesis and promotes osteoporosis: An in vitro and in vivo study. *IUBMB Life*. 2022; 74(11): 1052–1069. DOI: 10.1002/iub.2656.
- Hostalek U. Global epidemiology of prediabetes – present and future perspectives. *Clin Diabetes Endocrinol*. 2019; 5: 5. DOI: 10.1186/s40842-019-0080-0.
- Lapmanee S., Charoenphandhu N., Aeimlapa R., Suntornsaratoon P., Wongdee K., Tiyasatkulkovit W., Kengkoom K., Chaimongkolnukul K., Seriwatanachai D., Krishnamra N. High dietary cholesterol masks type 2 diabetes-induced osteopenia and changes in bone microstructure in rats. *Lipids*. 2014; 49(10): 975–986. DOI: 10.1007/s11745-014-3950-3.
- Li M., Deng F., Qiao L., Wen X., Han J. The Critical Role of Trace Elements in Bone Health. *Nutrients*. 2024; 16(22): 3867. DOI: 10.3390/nu16223867.
- Mauri-Obradors E., Estrugo-Devesa A., Jané-Salas E., Viñas M., López-López J. Oral manifestations of Diabetes Mellitus. A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2017; 22(5): e586–e594. DOI: 10.4317/medoral.21655.
- Pittas A.G., Lau J., Hu F.B., Dawson-Hughes B. The role of vitamin D and calcium in type 2 diabetes. A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2007; 92(6): 2017–2029. DOI: 10.1210/jc.2007-0298.
- Qiu H.L., Fan S., Zhou K., He Z., Browning M.H.E.M., Knibbs L.D., Zhao T., Luo Y.N., Liu X.X., Hu L.X., Li J.X., Zhang Y.D., Xie Y.T., Heinrich J., Dong G.H., Yang B.Y. Global burden and drivers of hyperglycemia: Estimates and predictions from 1990 to 2050. *Innovation (Camb)*. 2023; 4(4): 100450. DOI: 10.1016/j.xinn.2023.100450.
- Ruan S., Guo X., Ren Y., Cao G., Xing H., Zhang X. Nanomedicines based on trace elements for intervention of diabetes mellitus. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2023; 168: 115684. DOI: 10.1016/j.biopha.2023.115684.
- Ru Q., Li Y., Chen L., Wu Y., Min J., Wang F. Iron homeostasis and ferroptosis in human diseases: mechanisms and therapeutic prospects. *Signal Transduct Target Ther*. 2024; 9(1): 271. DOI: 10.1038/s41392-024-01969-z.
- Sheu A., Greenfield J.R., White C.P., Center J.R. Assessment and treatment of osteoporosis and fractures in type 2 diabetes. *Trends Endocrinol Metab*. 2022; 33(5): 333–344. DOI: 10.1016/j.tem.2022.02.006.
- Siddiqui K., Bawazeer N., Joy S.S. Variation in macro and trace elements in progression of type 2 diabetes. *Scientific World Journal*. 2014; 2014: 461591. DOI: 10.1155/2014/461591.
- Tabak A.G., Herder C., Rathmann W., Brunner E.J., Kivimäki M. Prediabetes: a high-risk state for diabetes development. *Lancet*. 2012; 379: 2279–2290. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60283-9.
- Tang X., Shay N.F. Zinc has an insulin-like effect on glucose transport mediated by phosphoinositol-3-kinase and Akt in 3T3-L1 fibroblasts and adipocytes. *Journal of Nutrition*. 2001; 131(5): 1414–1420. DOI: 10.1093/jn/131.5.1414.
- Wongdee K., Krishnamra N., Charoenphandhu N. Derangement of calcium metabolism in diabetes mellitus: negative outcome from the synergy between impaired bone turnover and intestinal calcium absorption. *J Physiol Sci*. 2017; 67(1): 71–81. DOI: 10.1007/s12576-016-0487-7.

INDICATORS OF ELEMENTAL HOMEOSTASIS AND BONE METABOLISM IN PATIENTS WITH DISORDER CARBOHYDRATE METABOLISM BEFORE DENTAL IMPLANTATION

M.K. Molchanov^{1,2*}, S.V. Notova¹

¹ Orenburg State University,
Russian Federation, 460018, Orenburg, prospect Pobedy, 13

² LLC Maxident,
Russian Federation, 460040, Orenburg, St. Gennady Donkovtsev, 5

ABSTRACT. Despite significant advances in science and medicine, the problem of hyperglycemia remains relevant. Patients with various levels of carbohydrate metabolism disorders have an increased risk of developing a number of other concomitant diseases, in particular, bone tissue pathologies. This, in turn, leads to an increased likelihood of complications in dental prosthetics using dental implants.

The aim of the study was to study the indicators of elemental homeostasis and bone metabolism in patients with normal and impaired carbohydrate metabolism before dental implantation.

Materials and methods. The study included 90 men who were scheduled for dental implantation. Three groups were formed during the study: control – conditionally healthy patients with fasting glucose < 5.5 mmol/l; main 1 – patients with early disorders of carbohydrate metabolism, glucose level 5.6–6.5 mmol/l; main 2 – patients with type 2 diabetes mellitus, glucose level 6.5–10 mmol/l. Blood sampling was performed in all examined patients to assess bone metabolism and elemental status.

Results. The degree of manifestation of carbohydrate metabolism disorders affects the parameters of bone metabolism (higher activity of alkaline phosphatase and higher values of parathyroid hormone against the background of lower values of calcitonin and vitamin D) and leads to an imbalance of chemical elements. An inverse relationship has been established between the levels of calcium and zinc and indicators of carbohydrate metabolism (fasting glucose and glycated hemoglobin) in blood serum.

Conclusions. The data obtained show the need for an integrated approach to the study of chemical elements in patients with impaired carbohydrate metabolism, with an emphasis on zinc and calcium levels, in order to early detect and correct the elemental imbalance in order to reduce the risks of dental implantation.

KEYWORDS: microelements, bone tissue, carbohydrate metabolism, type 2 diabetes mellitus, dental implantation.

For citation: Molchanov M.K., Notova S.V. Indicators of elemental homeostasis and bone metabolism in patients with disorder carbohydrate metabolism before dental implantation. Trace elements in medicine. 2025;26(1):37–44. DOI: 10.19112/2413-6174-2025-26-1-37-44

REFERENCES

- Mamedov M.N., Sushkova L.T., Isakov R.V., Kucenko V.A., Drapkina O.M. Ocenka narushenij lipidnogo obmena i giperglikemii v otkry'toj populjacii 30–69 let: rezul'taty mnogocentrovogo issledovaniya. Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika. 2023; 22(6): 3597. DOI: 10.15829/1728-8800-2023-3597. (In Russ.).
- Miroshnikov S.V., Notova S.V., Kiyaeva E.V., Alidzhanova I.E., Slobodskov A.A. Osobennosti elementnogo sostava volos i razlichny'x struktur shhitovidnoj zhelezy v e'ndemichnoj po deficitu joda oblasti. Vestnik OGU. 2013; 10(159): 17–20. (In Russ.).
- Nurullina G.M., Axmadullina G.I. Osobennosti kostnogo metabolizma pri saxarnom diabete. Osteoporoz i osteopatii. 2017; 20(3): 82–89. DOI: 10.14341/osteo2017382-89. (In Russ.).
- Athyros V.G., Doumas M., Imprialos K.P., Stavropoulos K., Georgiou E., Katsimardou A., Karagiannis A. Diabetes and lipid metabolism. Hormones (Athens). 2018; 17(1): 61–67. DOI: 10.1007/s42000-018-0014-8.
- Björklund G., Dadar M., Pivina L., Doşa M.D., Semenova Y., Aaseth J. The Role of Zinc and Copper in Insulin Resistance and Diabetes Mellitus. Curr Med Chem. 2020; 27(39): 6643–6657. DOI: 10.2174/0929867326666190902122155.
- Chapman M.J., Ginsberg H.N., Amarencu P., Andreotti F., Borén J., Catapano A.L., Descamps O.S., Fisher E., Kovanen P.T., Kuivenhoven J.A., Lesnik P., Masana L., Nordestgaard B.G., Ray K.K., Reiner Z., Taskinen M.R., Tokgözoğlu L., Tybjaerg-Hansen A., Watts G.F., European Atherosclerosis Society Consensus Panel. Triglyceride-rich lipoproteins and high-density lipoprotein cholesterol in patients at high risk of cardiovascular disease: evidence and guidance for management. Eur Heart J. 2011; 32: 1345–1361. DOI: 10.1093/eurheartj/ehr112.
- Chen Y., Zhao W., Hu A., Lin S., Chen P., Yang B., Fan Z., Qi J., Zhang W., Gao H., Yu X., Chen H., Chen L., Wang H. Type 2 diabetic mellitus related osteoporosis: focusing on ferroptosis. J Transl Med. 2024; 22(1): 409. DOI: 10.1186/s12967-024-05191-x.
- Ciosek Z., Kot K., Kosik-Bogacka D., Łanocha-Arendarczyk N., Rotter I. The Effects of Calcium, Magnesium, Phosphorus, Fluoride, and Lead on Bone Tissue. Biomolecules. 2021; 11(4): 506. DOI: 10.3390/biom11040506.
- Faysal M.R., Akter T., Hossain M.S., Begum S., Banu M., Tasnim J., Sultana I., Krishna S.P., Alam S., Akter T., Jenea A.T. Study of Serum Calcium and Magnesium Levels in Type 2 Diabetes Mellitus Patients. Mymensingh Med J. 2023; 32(1): 54–60.

- Fernández-Cao J.C., Warthon-Medina M., H Moran V., Arija V., Doepking C., Serra-Majem L., Lowe N.M. Zinc Intake and Status and Risk of Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2019; 11(5): 1027. DOI: 10.3390/nu11051027.
- Jia M-J., Chen L. Effect of trace elements and nutrients on diabetes and its complications: a Mendelian randomization study. *Front. Nutr.* 2024; 11: 1439217. DOI: 10.3389/fnut.2024.1439217.
- Jiang Z., Wang H., Qi G., Jiang C., Chen K., Yan Z. Iron overload-induced ferroptosis of osteoblasts inhibits osteogenesis and promotes osteoporosis: An in vitro and in vivo study. *IUBMB Life*. 2022; 74(11): 1052–1069. DOI: 10.1002/iub.2656.
- Hostalek U. Global epidemiology of prediabetes – present and future perspectives. *Clin Diabetes Endocrinol*. 2019; 5: 5. DOI: 10.1186/s40842-019-0080-0.
- Lapmanee S., Charoenphandhu N., Aeimlapa R., Suntornsaratoon P., Wongdee K., Tiyasatkulkovit W., Kengkoom K., Chaimongkolnukul K., Seriwatanachai D., Krishnamra N. High dietary cholesterol masks type 2 diabetes-induced osteopenia and changes in bone microstructure in rats. *Lipids*. 2014; 49(10): 975–986. DOI: 10.1007/s11745-014-3950-3.
- Li M., Deng F., Qiao L., Wen X., Han J. The Critical Role of Trace Elements in Bone Health. *Nutrients*. 2024; 16(22): 3867. DOI: 10.3390/nu16223867.
- Mauri-Obradors E., Estrugo-Devesa A., Jané-Salas E., Viñas M., López-López J. Oral manifestations of Diabetes Mellitus. A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2017; 22(5): e586–e594. DOI: 10.4317/medoral.21655.
- Pittas A.G., Lau J., Hu F.B., Dawson-Hughes B. The role of vitamin D and calcium in type 2 diabetes. A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2007; 92(6): 2017–2029. DOI: 10.1210/jc.2007-0298.
- Qiu H.L., Fan S., Zhou K., He Z., Browning M.H.E.M., Knibbs L.D., Zhao T., Luo Y.N., Liu X.X., Hu L.X., Li J.X., Zhang Y.D., Xie Y.T., Heinrich J., Dong G.H., Yang B.Y. Global burden and drivers of hyperglycemia: Estimates and predictions from 1990 to 2050. *Innovation (Camb)*. 2023; 4(4): 100450. DOI: 10.1016/j.xinn.2023.100450.
- Ruan S., Guo X., Ren Y., Cao G., Xing H., Zhang X. Nanomedicines based on trace elements for intervention of diabetes mellitus. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2023; 168: 115684. DOI: 10.1016/j.biopha.2023.115684.
- Ru Q., Li Y., Chen L., Wu Y., Min J., Wang F. Iron homeostasis and ferroptosis in human diseases: mechanisms and therapeutic prospects. *Signal Transduct Target Ther*. 2024; 9(1): 271. DOI: 10.1038/s41392-024-01969-z.
- Sheu A., Greenfield J.R., White C.P., Center J.R. Assessment and treatment of osteoporosis and fractures in type 2 diabetes. *Trends Endocrinol Metab*. 2022; 33(5): 333–344. DOI: 10.1016/j.tem.2022.02.006.
- Siddiqui K., Bawazeer N., Joy S.S. Variation in macro and trace elements in progression of type 2 diabetes. *Scientific World Journal*. 2014; 2014: 461591. DOI: 10.1155/2014/461591.
- Tabak A.G., Herder C., Rathmann W., Brunner E.J., Kivimaki M. Prediabetes: a high-risk state for diabetes development. *Lancet*. 2012; 379: 2279–2290; DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60283-9.
- Tang X., Shay N.F. Zinc has an insulin-like effect on glucose transport mediated by phosphoinositol-3-kinase and Akt in 3T3-L1 fibroblasts and adipocytes. *Journal of Nutrition*. 2001; 131(5): 1414–1420. DOI: 10.1093/jn/131.5.1414.
- Wongdee K., Krishnamra N., Charoenphandhu N. Derangement of calcium metabolism in diabetes mellitus: negative outcome from the synergy between impaired bone turnover and intestinal calcium absorption. *J Physiol Sci*. 2017; 67(1): 71–81. DOI: 10.1007/s12576-016-0487-7.

Поступила 5 марта 2025 года
Принята к публикации 14 марта 2025 года