

DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-3-29

РОЛЬ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАЗВИТИИ ОСТЕОПОРОЗА: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

М.А. Алексанян, П.А. Нечаева, А.А. СкальныйФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»,
Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6

РЕЗЮМЕ. В обзоре литературы проанализирована роль макро- и микроэлементов в этиологии и патогенезе остеопороза. Дана краткая характеристика остеопороза как нозологии, отмечены группы риска по данному заболеванию, а также представлена связь отдельных макро- (кальций, фосфор и магний) и микроэлементов (цинка, меди, марганца, фтора, селена и бора, алюминия, кадмия) с метаболизмом костной ткани. Отражены взаимодействия между элементами и витаминами, описана роль тяжелых металлов в развитии остеопороза.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: остеопороз, макроэлементы, микроэлементы, костная ткань.

Для цитирования: Алексанян М.А., Нечаева П.А., Скальный А.А. Роль макро- и микроэлементов в развитии остеопороза: обзор литературы. Микроэлементы в медицине. 2024;25(3):66–68. DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-3-29.

ВВЕДЕНИЕ

Остеопорозом страдают многие люди во всем мире. Известно, что ежегодно фиксируется большое количество тяжелых переломов костей вследствие остеопороза. Остеопороз — это хроническое заболевание костей скелета, которое связано с нарушением обмена веществ, проявляется прогрессирующим снижением плотности и нарушением структуры костной ткани (Bone, Kleerekoper, 1992).

Ключевую роль в развитии данного заболевания играют генетические факторы и дефицит эстрогенов у женщин, определяющие скорость костного обмена и снижения костной массы в период постменопаузы (Shea, et al., 2004), поведенческие факторы риска и пищевые привычки (Оглоблин и др., 2005). Также риск развития остеопороза связан с нарушением обмена микронутриентов, к которым относятся витамины и элементы. Недостаточность в организме таких витаминов, как D, B6, B12, C, K (Gillespie, et al., 2004); макроэлементов (кальция, фосфора и магния), а также микроэлементов (цинка, меди, марганца, фтора, селена и бора) оказывает влияние на нарушение метаболизма костной ткани и снижению костной массы (Скальный, Рудаков, 2004).

Важным условием успешного формирования, эффективного функционирования, жизнеспособности, своевременного самообновления и сохранности скелета является его постоянное обеспечение всеми незаменимыми пищевыми веществами в количествах, необходимых физиологическим потребностям. Дефицит любого из них, а тем более сочетанный недостаток витаминов и минеральных веществ, не может не сказаться на структуре и прочности скелета, равно как и на эффективности тех или иных мер, направленных на профилактику остеопороза (Dauson-Hughes, et al., 1990).

Кальций. Кальций является важным макроэлементом, который участвует в большинстве метаболических процессов, обеспечивает механическую жесткость костей и зубов. Он поступает извне, причем его суточное потребление зависит от возраста человека. Из организма кальций выводится с мочой, и небольшие его потери являются естественными, однако при неправильном питании они могут быть более значительными, что приводит к нарушению равновесия кальция в организме и усиленному выходу его из костей. Потери кальция с мочой увеличиваются при избыточном потреблении поваренной соли, кофе, белка. Основным источником кальция являются молочные продукты — молоко и его производные (кефир, простокваша, ряженка, йогурт, творог, сыр). Однако у пожилых людей нередко снижена концентрация лактазы в желудочном соке, что приводит к непереносимости молочных продуктов и, следовательно, их низкому потреблению (Baksgaard et al., 1998).

Фосфор. Избыточное потребление фосфора является причиной затруднения всасывания кальция. Низкий уровень кальция в совокупности с высоким уровнем фосфора является причиной вторичного повышения уровня паратиреоидного гормона, что в свою очередь приводит к повышению резорбции костей (Погожева, 2017).

Магний. Так как основным депо магния в организме является костная ткань, можно сделать вывод, что дефицит магния связан с низкой костной массой и остеопорозом. Магний участвует в регу-

ляции минерализации костной ткани, обеспечивает равномерный рост костей, гибкость и прочность, а также участвует в увеличении их репаративного потенциала (Погожева, 2017).

Цинк. До 60% цинка содержится в костной ткани и мышцах. Цинк – кофактор более чем 300 ферментов, которые являются участниками репликации ДНК и РНК, деления клеток. В комплексе с аминокислотой цистеином он принципиально важен для экспрессии генов (цинковые пальцы являются центральной структурой ДНК-связывающих доменов рецепторов гормональной формы витамина D, эстрогенов, прогестерона). При недостаточном поступлении цинка или нарушении его усвоения, что обычно отмечается у женщин постменопаузе, его запас быстро расходуется организмом непосредственно из костной ткани, что приводит к повышенной резорбции костей. Показано, что концентрация в сыворотке крови магния и цинка у пациенток с постменопаузальным остеопорозом и остеопенией значимо ниже, чем у здоровых женщин (O'Connor et al., 2020).

Медь. Медь является основным компонентом миелиновой оболочки. Этот элемент участвует в процессе минерализации скелета, а также в образовании коллагена за счёт того, что является кофактором лизилоксидазы, которая необходима для межмолекулярной связи коллагена и эластина. Дефицит меди является причиной угнетения роста кости, развитии остеопороза, что особенно наблюдается при синдроме Менкеса (Скальный, Рудаков, 2004).

Марганец. Марганец напрямую связан с образованием костной ткани, так как входит в состав ферментов, включающихся в метаболизм аминокислот, катехоламинов, углеводов, без которых невозможен синтез холестерина и нуклеотидов. Замедление роста, повышенная хрупкость костей – это один из признаков недостатка марганца (Скальный, Рудаков, 2004).

Бор. Механизм влияния бора на метаболизм костной ткани аналогичен эффектам витамина D. Бор оказывает выраженное воздействие на процессы роста клеток костной ткани и хряща, повышение уровня белков остеогенеза – остеокальцина, коллагена 1-го типа, белков морфогенеза костей 4, 6 и 7, а также остеопонтина, сиалопротеина кости, белка Runx2. Недостаток бора приводит к снижению прочности костей за счёт сокращения популяции остеобластов относительно трабекулярного объема. Бор регулирует обмен кальция, магния и фосфора (Оберлис и др., 2008).

Фтор. В качестве профилактики остеопороза после потери костной массы трудно переоценить роль фтора. Как экспериментально, так и клинически продемонстрировано, что фтор непосредственно стимулирует костеобразование и увеличивает костную массу у пациентов, у которых уже есть остеопороз (Kleerekoper, 1998).

Кадмий. Наличие тяжёлых металлов в костной ткани, таких как кадмий, может играть основную роль в развитии остеопороза на клеточном/молекулярном и эпигенетическом уровнях. Было проведено исследование, в результате которого выяснили, что у пациентов с остеопорозом было обнаружено повышение в биопсии кадмия, свинца и хрома (Li et al., 2023).

Алюминий. Результат избытка алюминия являются нарушение обмена таких элементов, как фосфор кальций, развитие остеопороза и многих других заболеваний опорно-двигательной системы (Song et al., 2020).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В образовании костной ткани и регуляции её правильного развития важную роль играют многие макро- и микроэлементы. Зачастую их важность заключается не просто в наличии или отсутствии определенного элемента, но и во взаимодействии между макро- и микроэлементами, как синергетическим, так и антагонистическим. Лишь при соблюдении баланса макро- и микроэлементов происходит нормальное с точки зрения физиологии образование костной ткани. При наличии дисбаланса одного определенного макро- или микроэлемента это может привести к функциональному смещению других элементов, вследствие чего возможно развитие остеопороза.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука. 2008; 145–418. [Oberlis D., Harland B., Skalny A. The biological role of macro- and microelements in humans and animals. St. Petersburg: Nauka. 2008; 145–418. (In Russ.).]

Оглоблин Н.А., Спиричев В.Б., Батурин А.К. О потреблении населением России кальция с пищей. Вопросы питания. 2005; 5: 14–17. [Ogloblin N.A., Spirichev V.B., Baturin A.K. O potreblenii naseleniem Rossii kal'tsiia s pishchei. Voprosy pitaniia. 2005; 5: 14–17. (In Russ.)].

Погожева А.В. Значение макро- и микроэлементов пищи в оптимизации минеральной плотности костной ткани. Consilium Medicum. 2015; 17 (2): 61–65. [Pogozheva A.V. The importance of macro- and microelements of food in optimizing bone mineral density. Medical consultation. 2015; 17 (2): 61–65. (In Russ.)].

Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Оникс 21 век; Мир, 2004. [Skalny A.V., Rudakov I.A. Bioelements in medicine. M.: Onyx 21st century; Mir, 2004. (In Russ.)].

Baksgaard L., Andersen K.P., Hyldstrup L. Calcium and vitamin D supplementation increases spinal BMD in healthy, postmenopausal women. Osteoporosis Int. 1998; 8: 225–260.

Bone H.G., Kleerekoper M. Clinical review 39: Paget's disease of bone. J Clin Endocrinol Metab. 1992; 75: 1179.

Dauson-Hughes B., Dallal G.E., Krall E.A. et al. A controlled trial of the effect of calcium supplementation on bone density in postmenopausal women. N. Engl. J. Med. 1990; 323(13): 878–883.

Gillespie W.J., Avenell A., Henry D.A., et al. Vitamin D and vitamin D analogues for preventing fractures associated with involutional and postmenopausal osteoporosis (Cochrane Review). The Cochrane Library. 2004; Issue I.

Kleerekoper M. The role of fluoride in the prevention of osteoporosis. Endocrinol Metab Clin North Am. 1998; 27(2): 441–52. DOI: 10.1016/s0889-8529(05)70015-3.

Li R., Qu H., Xu J., et al. Association between dietary intake of α -tocopherol and cadmium related osteoporosis in population ≥ 50 years. J Bone Miner Metab. 2023; 41(4): 501–511. DOI: 10.1007/s00774-023-01418-x.

O'Connor JP, Kanjilal D, Teitelbaum M, Lin SS, Cottrell JA. Zinc as a Therapeutic Agent in Bone Regeneration. Materials (Basel). 2020; 13(10): 2211. DOI: 10.3390/ma13102211.

Shea B., Wells G. et al. Calcium supplementation on bone loss in postmenopausal women. (Cochrane review). Cochrane Library. 2004; 1.

Song M., Jia F., Cao Z., et al. Ginsenoside Rg3 Attenuates Aluminum-Induced Osteoporosis Through Regulation of Oxidative Stress and Bone Metabolism in Rats. Biol Trace Elem Res. 2020; 198(2): 557–566. DOI: 10.1007/s12011-020-02089-9.

ROLE OF MACRO- AND TRACE ELEMENTS IN THE DEVELOPMENT OF OSTEOPOROSIS: A LITERATURE REVIEW

M.A. Aleksanyan, P.A. Nechaeva, A.A. Skalny

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba,
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, 117198, Russian Federation

ABSTRACT. The literature review analyzes the role of macro- and trace elements in the etiology and pathogenesis of osteoporosis. A brief description of osteoporosis as a nosology is given, risk groups for this disease are noted, and the relationship of individual macro- (calcium, phosphorus and magnesium) and trace (zinc, copper, manganese, fluorine, selenium and boron, aluminum, cadmium) with bone metabolism is presented. Interactions between elements and vitamins are reflected, and the role of heavy metals in the development of osteoporosis is described.

KEYWORDS: osteoporosis, macro elements, trace elements, bone tissue.