

Н.И. Тайбулатов

Научный центр здоровья детей РАМН, Москва

Дефицит кальция у детей: возможные пути решения проблемы

СТАТЬЯ ПОСВЯЩЕНА ВАЖНОМУ ВОПРОСУ СОВРЕМЕННОЙ ПЕДИАТРИИ — ПРОФИЛАКТИКЕ ДЕФИЦИТА КАЛЬЦИЯ У ДЕТЕЙ. РАССМОТРЕНЫ НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МЕТАБОЛИЗМА КОСТНОЙ ТКАНИ. ПОКАЗАНО, ЧТО ДЕФИЦИТ АЛИМЕНТАРНОГО КАЛЬЦИЯ КАК В ПЕРИОД ВНУТРИУТРОБНОГО, ТАК И ВНЕУТРОБНОГО РАЗВИТИЯ МОЖЕТ ПРИВОДИТЬ К ВОЗНИКНОВЕНИЮ РАЗЛИЧНОЙ ПАТОЛОГИИ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА. ДАНЫ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ВОСПОЛНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ВИТАМИНОВ В ПЕРИОД ИХ ПОВЫШЕННОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КАЛЬЦИЙ, ДЕФИЦИТ, ЛЕЧЕНИЕ, ПРОФИЛАКТИКА, ДЕТИ.

Контактная информация:

Тайбулатов Николай Иванович,
заведующий отделением
восстановительного лечения детей
с патологией опорно-двигательного
аппарата Научного центра здоровья
детей РАМН
Адрес: 119991, Москва,
Ломоносовский проспект, д. 2/62,
тел. (499) 134-03-92
Статья поступила 25.09.2007 г.,
принята к печати 14.02.2008 г.

Детский возраст — период интенсивного роста, развития и становления физиологических функций организма [1]. Неоспоримым условием обеспечения оптимальной жизнедеятельности растущего и развивающегося организма ребенка является рациональное, полноценное и сбалансированное питание, обеспечивающее достаточное поступление витаминов и микро- и макроэлементов [1].

Минеральным веществам принадлежит важнейшая роль в поддержании нормальной жизнедеятельности человеческого организма. С обменом минеральных веществ связаны минеральная плотность костей, кислотно-щелочное равновесие организма, вязкость и обеспечение постоянства состава лимфы, желчи, мочи, образование пищеварительных соков и ферментов, биосинтез гормонов [1–3].

Недостаточное, или, наоборот, избыточное содержание тех или иных минеральных веществ может приводить к серьезным отклонениям в функционировании различных органов и систем. Поскольку минеральные вещества поступают в организм человека в основном с питанием, последнему принадлежит решающая роль в поддержании здоровья [1–3].

Нарушение витаминного и минерального баланса в организме является одной из основных причин ухудшения состояния здоровья детей. Особенно это касается детей дошкольного и старшего возраста, так как дефицит витаминов и макроэлементов (кальция, фосфора) характерен для растущего организма. Важной составляющей физического развития ребенка является состояние его костной ткани. Известно, что уже в раннем возрасте появляются единичный кариес зубов, плоскостопие, снижение мышечного тонуса, что в последующем является основой развития множественного кариеса и нарушения осанки [2, 3]. Недостаточное обеспечение кальцием в детском возрасте нарушает нормальное развитие скелета, существенно увеличивая риск и тяжесть последующего развития остеопороза. Проведенные эпидемиологические исследования практически здоровых школьников и подростков показали, что снижение минеральной плотности кости (остеопения/остеопороз) имеют 10–30% обследованных детей [2, 3].

Основным условием нормального роста и развития скелета, а также поддержания нормальной жизнедеятельности человека является постоянное сбалансированное поступление кальция с пищей [1–4].

Кальций — минерал, содержащийся в организме человека в больших, чем другие, ионы, количествах. Он участвует в регуляции многих процессов в организме, но одной из его основных функций является построение и нормальное функционирование костной ткани [5, 6].

N.I. Taibulatov

Scientific Center of Children's Health, Russian Academy
of Medical Sciences, Moscow

Calcium deficiency in children: possible solutions

THE ARTICLE IS DEVOTED TO THE PROBLEM OF MODERN PEDIATRICS — CHILD CALCIUM DEFICIENCY. THE AUTHOR STUDIES CERTAIN ASPECTS OF BONE TISSUE METABOLISM AND PROVES THAT ALIMENTARY CALCIUM DEFICIENCY DURING PERIODS OF BOTH PRENATAL AND POSTNATAL DEVELOPMENT MIGHT LEAD TO VARIOUS PATHOLOGIES OF LOCOMOTOR SYSTEM. THE ARTICLE ALSO PROVIDES RECOMMENDATIONS ON OPTIMIZING MICROELEMENT AND VITAMIN REPLENISHMENT DURING THE PERIODS OF INCREASED CONSUMPTION.

KEY WORDS: CALCIUM, DEFICIENCY, TREATMENT, PROPHYLAXIS, CHILDREN.

Уровень кальция в сыворотке крови довольно постоянен, он поддерживается ежедневным поступлением этого элемента с пищей, а при снижении его из-за ограничения доставки извне компенсация наступает за счет мобилизации костных депо. Как известно, в сыворотке крови взрослого человека в 100 мл содержится при нормальных условиях 9–11 мг% кальция, ребенка — 10–12 мг%. Неорганического фосфора в 100 мл сыворотки крови содержится у здоровых взрослых людей 3–4,5 мг%, у детей — несколько больше, а именно 4–6 мг% [4–6].

Главная роль в метаболизме кальция в организме человека принадлежит костной ткани. В костях кальций представлен фосфатами — $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (85%), карбонатами — CaCO_3 (10%), солями органических кислот — лимонной и молочной (около 5%). Вне скелета кальций содержится во внеклеточной жидкости и практически отсутствует в клетках. В состав плотного матрикса кости, наряду с коллагеном, входит фосфат кальция — кристаллическое минеральное соединение, близкое к гидроксилатапиту $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Часть ионов Ca^{2+} замещена ионами Mg^{2+} , незначительная часть ионов OH^- — ионами фтора, которые повышают прочность кости. Минеральные компоненты костной ткани находятся в состоянии химического равновесия с ионами кальция и фосфата сыворотки крови. Клетки костной ткани могут ускорять отложение или, наоборот, растворение минеральных компонентов при локальных изменениях pH, концентрации ионов Ca^{2+} , HPO_4^{2-} , хелатообразующих соединений. В организме взрослого человека содержится 1–2 кг кальция, 98% которого находится в составе скелета. Он составляет около 2% массы тела (примерно 30 моль). Регуляция обмена кальция между вне- и внутриклеточной жидкостью осуществляется паратгормоном, кальцитонином, 1,25-дигидроксиголекальциферолом. При уменьшении концентрации ионов кальция возрастает секреция паратиреоидного гормона (ПТГ), и остеокласты увеличивают растворение содержащихся в костях минеральных соединений. ПТГ увеличивает одновременно реабсорбцию ионов Ca^{2+} в почечных канальцах. В итоге повышается уровень кальция в сыворотке крови. При увеличении содержания ионов кальция секретируется кальцитонин, который снижает концентрацию ионов Ca^{2+} за счет отложения кальция в результате деятельности остеобластов. В процессе регуляции участвует витамин D, он требуется для синтеза кальцийсвязывающих белков, необходимых для всасывания ионов Ca^{2+} в кишечнике, реабсорбции его в почках. Постоянное поступление витамина D необходимо для нормального течения процессов кальцификации. Изменение уровня кальция в крови могут вызывать тироксин, андрогены, которые повышают содержание ионов Ca^{2+} , и глюкокортикоиды, снижающие его. Ионы Ca^{2+} связывают многие белки, в том числе некоторые белки системы свертывания крови. В белках системы свертывания содержатся кальций-связывающие участки, образование которых зависит от витамина K [2–7].

В пищевых продуктах кальций содержится в основном в виде фосфата кальция, который и поступает в организм. В природе кальций встречается в виде карбоната, оксалата, тартрата, фитиновой кислоты (в составе злаков) [8]. Доля усвоения кальция более значительна у детей (по сравнению со взрослыми), у беременных и кормящих женщин. Усвоение кальция снижается с возрастом человека, при дефиците витамина D [7,8].

В плазме крови содержатся фракции связанного с белком (недиффундирующего) кальция (0,9 ммоль/л) и диф-

фундирующего: ионизированного (1,1–1,4 ммоль/л) и неионизированного (0,35 ммоль/л). Биологически активным является ионизированный кальций, он проникает в клетки через мембраны, неионизированная форма связана с белками (альбумином), углеводами и другими соединениями. Внутри клеток концентрация свободного кальция низкая. Так, общая концентрация ионов Ca^{2+} в цитоплазме эритроцитов составляет около 3 мкМ, из них на свободные ионы приходится менее 1 мкМ. Градиент концентрации ионов кальция по разные стороны от мембраны (от 102 до 105) поддерживается при помощи кальциевого насоса. Очень медленная обратная диффузия ионов внутрь клетки противостоит работе насоса. Ca^{2+} относится к вторичным мессенджерам — внутриклеточным веществам, концентрация которых контролируется гормонами, нейромедиаторами, внеклеточными сигналами. Низкий уровень кальция в клетках поддерживается кальциевыми насосами (кальциевыми АТФазами) и натрий-кальциевыми обменниками. Высокая активация Mg^{2+} , Ca^{2+} -АТФазы связана с конформационными изменениями кальциевого насоса, приводящими к переносу Ca^{2+} . Резкое увеличение содержания кальция в клетке происходит при открытии кальциевых каналов или его освобождения из внутриклеточных кальциевых депо (концентрация повышается до 500–1000 нМ при 10–100 нМ в нестимулированной клетке). Открытие каналов может быть вызвано деполаризацией мембран, действием сигнальных веществ, нейромедиаторов (глутамат, АТФ), вторичных мессенджеров (инозит-1,4,5-трифосфат, цАМФ). Уровень кальция в клетках повышается (в 5–10 раз) в виде кратковременных флюктуаций (высокие концентрации кальция оказывают цитотоксическое действие). В клеточных органеллах и цитоплазме клеток имеется большое количество белков, способных связывать кальций и выполнять роль буфера. Действие кальция опосредовано «кальциевыми сенсорами» — специальными кальцийсвязывающими белками — аннексином, кальмодулином, тропонином. Кальмодулин имеется во всех клетках и при связывании четырех ионов кальция переходит в активную форму, которая может взаимодействовать с белками. Ca^{2+} оказывает влияние на активность ферментов, ионных насосов, компонентов цитоскелета за счет активации кальмодулина [2–8].

Гипоальбуминемия не влияет на уровень ионизированного кальция, который варьирует в узком диапазоне и тем самым обеспечивает нормальное функционирование нервно-мышечного аппарата. С увеличением pH доля связанного кальция возрастает. При алкалозе ионы водорода диссоциируют из молекулы альбумина, что приводит к снижению концентрации ионов кальция. Это может вызвать клинические симптомы гипокальциемии, несмотря на то, что концентрация общего кальция в плазме не изменена. Обратная картина (увеличение концентрации ионов кальция в плазме) отмечается при остром ацидозе. Глобулины также связывают кальций, хотя и в меньшей степени, чем альбумин.

В регуляции содержания кальция в плазме крови включают:

- скелет (резервуар кальция);
- почки (реабсорбция в канальцах);
- кишечник (экскреция кальция с желчью);
- паратгормон, кальцитонин (их секреция определяется уровнем кальция в плазме);
- 1,25-дигидроксиголекальциферол.

Внеклеточный пул кальция в течение суток обновляется приблизительно 33 раза, проходя через почки, кишечник и кости. И даже небольшое изменение любого из этих потоков оказывает существенное влияние на концентрацию кальция во внеклеточной жидкости, включая плазму крови. Кальций, входящий в состав секретов пищеварительного тракта, частично реабсорбируется вместе с пищевым кальцием.

Нарушения обмена кальция сопровождаются нарушениями обмена фосфатов и клинически проявляются изменениями костного скелета и нервно-мышечной возбудимости. Наблюдается обратная зависимость между содержанием кальция и фосфора в сыворотке крови (одновременное повышение наблюдается при гиперпаратиреозидизме, снижение — при рахите у детей). При повышенном содержании фосфора в пище в желудочно-кишечном тракте образуется невсасывающийся трехосновной фосфорнокислый кальций. Суточная потребность в кальции взрослого человека составляет 20–37,5 ммоль (0,8–1,5 г), у беременных и кормящих женщин в два раза выше. В пищевой канал ежедневно поступает 35 ммоль кальция, но всасывается только половина, в 50 раз медленнее, чем натрий, но интенсивнее, чем железо, цинк, марганец. Всасывание происходит в тонком кишечнике (максимально в двенадцатиперстной кишке). Лучше всего всасываются глюконат и лактат кальция. Оптимум всасывания наблюдается при pH = 3,0. Кальций соединяется с жирными и желчными кислотами и через воротную вену поступает в печень. Транспорту через мембрану энтероцита в кровь способствует витамин D. Всасывание снижается при недостатке фосфатов (важное значение имеет соотношение кальций/фосфор). На всасывание влияет концентрация Na^+ , активность щелочной фосфатазы, Mg^{2+} , Ca^{2+} -АТФ-азы, содержание кальций-связывающего белка. Из организма в норме кальций выводится через кишечник. Ежедневно в пищевой канал секретруется слюнными, желудочными и поджелудочными железами и выводится около 25 ммоль Ca^{2+} . Выведение кальция с калом сохраняется даже при бескальциевой диете (в составе желчи). В почках за сутки фильтруется около 270 ммоль Ca^{2+} . 90% кальция, фильтруемого в почках, реабсорбируется, поэтому в целом с мочой его выделяется мало (выделение возрастает при увеличении концентрации кальция в крови и ведет к образованию камней в почках). Суточная экскреция колеблется от 1,5 до 15 ммоль и зависит от суточного ритма (максимум в утренние часы), уровня гормонов, кислотно-основного состояния, характера пищи (углеводы усиливают выведение кальция). При рассасывании минерального остова костей реабсорбция кальция снижается. Кости являясь резервуаром кальция: при гипокальциемии кальций поступает из костей и, наоборот, при гиперкальциемии он откладывается в скелете [8–10].

Основные источники кальция — молоко, молочные продукты (творог, твердые сыры), рыба, яйца. Он содержится также в зеленых овощах, орехах. Одним из источников кальция является питьевая вода (в 1 литре до 350–500 мг). С питьевой водой поступает 10–30% кальция [8]. Биодоступность кальция улучшают кисломолочные продукты, животные белки; снижают ее — пищевые волокна, алкоголь, кофеин, избыток жиров (образуются нерастворимые соединения), фосфаты, оксалаты. Повышенное содержание в пище магния и калия тормозит всасывание кальция: они конкурируют с кальцием при связывании с желчными кислотами. Препараты витамина D способст-

Кальцинова

для крепких костей и здоровых зубов



Препарат кальция с фруктовыми вкусами, разработанный специально для детей



Когда рекомендуется принимать таблетки Кальцинова?

- детям в период роста и развития
- детям, не употребляющим молока и молочных продуктов
- как дополнение к рациону питания для укрепления и защиты зубов



Какая рекомендуемая доза таблеток Кальцинова?

- дети от 2 до 4 лет:
1 таблетка в сутки – профилактическая,
2-3 таблетки в сутки – терапевтическая
- дети от 4 лет:
2 таблетки в сутки – профилактическая,
4-5 таблеток в сутки – терапевтическая

Таблетки Кальцинова имеют четыре фруктовых вкуса: малины, ананаса, клубники и киви. Таблетки необходимо разжевывать.



Отпускается в аптеках без рецепта врача. Упаковка: 27 таблеток. Регистр. свид. МЗ РФ ПН№015024/01-2003 от 19.06.2003

Представительство в РФ

123022, г. Москва
ул. 2-я Звенигородская,
д. 13, стр. 41, эт. 5
Тел.: (495) 739 6600
Факс: (495) 739 6601
E-mail: info@krka.ru
www.krka.ru

KRKA

вуют всасыванию кальция. При лечении остеопороза одновременно с назначением препаратов кальция необходимо восполнение дефицита белков, кальциферола, витаминов [8–11].

Известно, что различные неблагоприятные воздействия в «критические» периоды внутриутробного развития, в частности, недостаточное поступление макроэлементов с пищей, оказывает отрицательное влияние на рост и развитие ребенка, что приводит к различным отдаленным неблагоприятным последствиям — раннему развитию кариеса, низкорослости и т.д. [2, 3].

К таким последствиям относится также развитие различной ортопедической патологии. Дистрофия костной и хрящевой ткани, мышечная гипотония, общее отставание в физическом развитии являются причиной различных искривлений и деформаций, затрагивающих как позвоночник, грудную клетку, череп, так и конечности. Наибольшим изменениям подвергаются конечности в связи с большой функциональной нагрузкой. Деформации верхних конечностей выражены не резко и состоят в утолщении метафизарных областей дистального конца предплечий. Редко наблюдаются искривление костей предплечья, гипермобильность в лучезапястном и локтевом суставах с рекурвацией или боковыми деформациями сегментов. Искривление нижних конечностей проявляется после того, как ребенок начинает стоять и ходить. Патологической основой искривления являются снижение минеральной плотности костной ткани и, как следствие, импрессионный перелом костных балок. Наиболее характерны деформации нижних конечностей по типу вальгусных и варусных искривлений на уровне коленных суставов [13].

Лечение данной патологии в большинстве случаев консервативное, как правило, производится коррекция с помощью ортопедических протезов. Для этой цели используются лонгеты, наколенники различной плотности с применением боковых армированных и шарнирных вкладышей. Также широко назначается физиотерапевтическое воздействие, направленное на нормализацию кровообращения в патологической области, укрепление мышечного корсета (магнитотерапия, электрофорез, электромиостимуляция). Оперативное лечение в настоящее время проводится крайне редко в связи с высоким уровнем раннего выявления патологии, ее терапевтического лечения и профилактики [13].

Одновременно с ортопедической коррекцией необходимо лечение поливитаминами. Немаловажным условием

при выборе данного лекарственного средства является наличие минералов кальция и фосфора в профилактической либо лечебной дозировке. Назначение элементов, улучшающих костный и общий метаболизм, также является залогом благоприятного прогноза течения заболевания [13].

Национальный институт здоровья США разработал рекомендации по оптимальному количеству потребляемого кальция и витамина D. Согласно этим рекомендациям дети и подростки в период интенсивного роста должны потреблять до 1500 мг кальция и до 400 МЕ витамина D₃ в сутки [12].

В последнее время большинство клиницистов признает необходимость сочетания рационального питания с приемом кальцийсодержащих препаратов, особенно в периоды наиболее интенсивного роста ребенка.

Фармацевтические компании предлагают множество различных препаратов кальция. Однако существует проблема выбора наиболее эффективного и безопасного, особенно когда речь идет об их назначении детям и беременным женщинам, а также при длительном курсе приема. Доказано, что кальций усваивается только в сочетании с активной формой витамина D [2–12, 14], следовательно, оптимальной является комбинация соли кальция с витамином D₃, как, например, в препарате Кальцинова (КРКА, Словения).

Он является поливитамином минеральным комплексом, содержащим в одной таблетке 100 мг кальция дигидрофосфата дигидрата (что соответствует 100 мг кальция и 77 мг фосфора) и 100 МЕ холекальциферола. Таблетки Кальцинова содержат не только кальций, фосфор, но и важнейшие витамины для организма ребенка, которые принимают участие в регуляции многих биохимических процессов в организме. Витамин B₆ принимает участие в метаболизме углеводов, жиров и белков; играет важную роль в обеспечении функционирования нервной системы. Витамин А необходим для формирования эпителиальных структур и синтеза зрительного пигмента. Витамин С способствует усвоению железа и принимает участие во многих окислительно-восстановительных реакциях в организме. Прием 1 таблетки Кальцинова обеспечивает 10–15% суточной потребности в кальции.

Жевательная форма таблетки делает ее очень удобной при применении у детей. В случаях, когда прием таблетированной формы препарата вызывает затруднение, возможно применение гранулята для приготовления напитка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.Ф. Лапшин. Современные принципы витаминотерапии и витаминотерапии в детском возрасте // Педиатрическая фармакология. — 2007. — Т. 4, № 4. — С. 30–35.
2. Стенникова О.В., Санникова Н.Е. Патологические и клинические аспекты дефицита кальция у детей. Принципы его профилактики // Вопросы современной педиатрии. — 2007. — Т. 6, № 4. — С. 59–66.
3. Санникова Н.Е., Стенникова О.В. Современные возможности диетотерапии для профилактики и коррекции дефицита кальция у детей раннего возраста // Вопросы современной педиатрии. — 2007. — Т. 5, № 1. — С. 29–35.
4. Клаттер У. Нарушения минерального обмена и костного метаболизма // Терапевтический справочник Вашингтонского университета / Под ред. М. Вудли и А. Уэлан. — М., Практика, 1995. — С. 502–601.
5. Кольман Я., Рем К.Г. Наглядная биохимия. — М., Мир, 2000. — С. 469.
6. Маршалл В.Дж. Клиническая биохимия / Пер. с англ. М., СПб, Бинум — Невский диалект, 2002. — С. 348.
7. Москалев Ю.И. Минеральный обмен. — М.: Медицина, 1985. — С. 288.
8. Мецлер Д. Биохимия. Химические реакции в животной клетке. — М., Мир, 1980. — Т. 1. — С. 407.
9. Смоляр В.И. Рациональное питание. — К., Наукова думка, 1991. — С. 368.
10. Москалев Ю.И. Минеральный обмен. — М.: Медицина, 1985. — С. 264.
11. Спиричев В.Б. Новые данные об обмене и механизме действия витамина D и их практические аспекты // Каз. мед. журн. — 1981. — Т. 64, № 5. — С. 406–419.
12. Уайт А., Хендлер Ф., Смит Э., Хилл Р., Леман И. Основы биохимии. — М., Мир, 1981. — Т. 3. — С. 726.
13. Волков М.В., Тер-Егизаров Г.М. Ортопедия и травматология детского возраста. — М.: Медицина, 1983. — С. 464.
14. Сайфуллина Х.М. Кариес зубов у детей и подростков: Учебное пособие. — М., 2000. — С. 77–82.