Кальций в организме человека

1. Структура: Са

Химические характеристики:

- порядковый N - 20

- атомный вес - 40,08

При нагревании или сгорании кальция образуется окись кальция - СаО - жженая или гашеная известь, которая при взаимодействии с водой дает гидрат окиси кальция Са(ОН)2 - гашеную известь. С галоидами кальций образует соли - CaF2, CaCl2, CaBr2, CaJ2, которые в форме флюорита растворимы в воде. Если в воде содержится большое количество солей кальция (CaCO3 и CaSO4), вода называется жесткой. Если же солей кальция мало - то вода мягкая.

Общие сведения:

Кальций постоянно находится в почве и воде. Из его углекислых солей состоят известковые и меловые горы. В недрах некоторых из них карбонат кальция под влиянием сильного давления кристаллизуется и переходит в мрамор.

Известны богатые залежи серно-кислых солей кальция - гипса - CaSO4, а также плавикового шпата или флюорита кальция - CaF2. В виде фосфорита - Ca3(PO4)2. Кальций входит в состав апатита. Из других соединений кальция известны соединения кальция с кремнием - силикаты.

2. Суточная потребность и основные источники поступления: Общее содержание кальция в организме человека составляет примерно 1,9% общего веса человека, при этом 99% всего кальция приходится на долю скелета и лишь 1% содержится в остальных тканях и жидкостях организма. Содержание повышается в период роста или беременности.

Суточная потребность в кальции для взрослого человека составляет - 0,45-0,8-1,2 г в день.

Кальций в пище, как растительной, так и животной, находится в виде нерастворимых солей. Наилучшими источниками легко усвояемого кальция являются молочные продукты особенно все виды сыров, бобовые, соя, сардины, лосось, арахис, грецкий орех, семечки подсолнуха, рис, зеленые овощи. Богаты кальцием цельные зерна пшеницы, рис, овощи и фрукты. Значение растительных источников кальция возрастает также вследствие высокого содержания в них витаминов.

3. Функции: внеклеточный катион, внутриклеточный катион - внутри саркоплазматического ретикулума.

1) Функционирует как составная часть опорных тканей или мембран. Обеспечивает целостность мембран (влияет на проницаемость), т. к. способствует плотной упаковке мембранных белков. Ионы кальция уплотняют клеточные оболочки, уменьшают их проницаемость - в противоположность ионам натрия и калия, увеличивающих проницаемость.

2) участвует в проведении нервного импульса

3) участвует в инициации мышечного сокращения: Образование комплекса актин+миозин (сокращение) возможно только в присутствии ионов кальция внутри миоцита. В мышечных клетках на мембране саркоплазматического ретикулума (СПР) находится "кальциевый насос (канал)", через который регулируется вход и выход кальция в СПР и тем самым концентрация его внутри клетки. Работа "кальциевого насоса" регулируется концентрацией двух внутриклеточных нуклеотидов, действующих антогонистически:

- Циклический аденозинмонофосфат (цАМФ), который усиливает вход кальция в СПР из клетки, это приводит к уменьшению образования комплекса актин+миозин ферментом кальмодулином и расслаблению мышцы.

- Циклический гуанозинмонофосфат (цГМФ), который ослабляет вход кальция в СПР из клетки, это приводит к увеличению образования комплекса актин+миозин ферментом кальмодулином и сокращению мышцы (бронхоспазм).

Например:

1. Парасимпатическая НС - ацетилхолин - рецепторы (холинергические, мускариновые, ацетилхолиновые) - гуанилатциклаза увеличивает скорость перехода ГТФ в цГМФ - увеличение цГМФ - увеличение внутриклеточного кальция - сокращение.

2. Симпатическая НС - адреналин, норадреналин - бета рецепторы + уменьшение секреции ацетилхолина парасимпатической НС - аденилатциклаза увеличивает скорость перехода АТФ в цАМФ - увеличение цАМФ - увеличение входа кальция в СПР - уменьшение кальция в клетке - уменьшение образования комплекса актин+миозин ферментом кальмодулином и расслабление мышцы.

4) является одним из факторов гемокоагуляции.

5) Кальций ограничено участвует в поддержании осмотического равновесия.

6) Вместе с инсулином активирует проникновение глюкозы в клетки.

Кальций участвует во всех жизненных процессах организма. Нормальная свертываемость крови, происходит только в присутствии солей кальция. Кальций играет важную роль в нервно-мышечной возбудимости тканей. При увеличении в крови концентрации ионов кальция и магния нервно-мышечная возбудимость уменьшается, а при увеличении концентрации ионов натрия и калия - повышается. Кальций играет определенную роль и в нормальной ритмической работы сердца.

4. Вход: Абсорбция кальциевых соединений происходит в верхней части тонких кишок, главным образом в 12-перстной кишке. Здесь на всасывание оказывают большое влияние желчные кислоты. Физиологическая регуляция уровня кальция в крови осуществляется гормонами паращитовидных желез и витамином D через посредство нервной системы.

Уменьшение всасывния из кишечника: Всасывание ухудшается при избытке жиров, от введения солей магния, калия, от содержания в пище большого количества щавелевой кислоты (шпинат, щавель, свекла), от увеличения фосфатов в пище, инозинтрифосфорная к-та (фитиновые соединения -содержащиеся в зерновых), дефицит витамина D3.

Оптимальное усвоение происходит при соотношении кальция, фосфора и магния 1:1,4:0,5. (огурцы грунтовые 1:1,8:0,6)

Увеличение всасывания. Для полного усвоения из кишечника необходимо наличие активной формы витамина Д3, белки пищи, лимонная кислота, лактоза молока. Витамин D способствует абсорбции кальция из кишечника и облегчает отложение кальция и фосфора в костях. Для улучшения усвоения солей кальция и фосфора в кишечнике, особенно при назначении малоусвояемых препаратов кальция, повышения реабсорбции фосфатов в почках и усиления процессов остеогенеза используют цитратную смесь (Acidi citrici 2,0; Natrii citrici 3,5; Ag. destillatae ad 100,0) по 1 чайной ложке 3 раза в день на 10-12 дней.

5. Транспорт: по сосудам в составе крови

6. Преобразование и распределение: Большая часть кальция содержится в костной ткани (99%) в составе микрокристаллов карбонатапатита 3Са2(РО4)2 · СаСО3 и гидроксилапатита 3Са2(РО4)2 · СаОН. Общий кальций крови включает три фракции: белоксвязанный, ионизированный и неионозированный (который находится в составе цитрата, фосфата и сульфата). Нормальное содержание кальция в крови - 9,0-11,5мг/ 100 мл. Кальций находится в сыворотке крови в различных формах: в виде не фильтрующихся коллоидных соединений и фильтрующихся соединений в количестве 4-5 мг%; остальные 5-6мг% кальциевых соединений проходят через ультрафильтры, из них 2мг% находится в ионизированной форме. Коллоидный кальций представляет собой резерв кальция. Соотношение указанных выше форм кальция зависит от Рн концентрации СО2, от соотношения альбуминов и глобулинов и количества неорганического фосфора. Витамин А повышает уровень кальция в крови при гипервитаминозе.

Обеспеченность организма кальцием во многом связана с деятельностью паращитовидных желез, вырабатывающих два гормона - паратгормон и кальцитонин, которые вместе с витамином Д обеспечивают регуляцию кальциевого обмена.

Секреция паратгормона зависит от концентрации ионизированного кальция в сыворотке крови: повышение концентрации ионизированного кальция снижает секрецию, снижение - повышает. Мишени для паратгормона: почки, костная ткань, желудочно-кишечный тракт. Рецепторно-клеточная связь гормона реализуется через мембранно-связанную аденилатциклазу и характеризуется преимущественно изменением обмена кальция.

Действие на почки проявляется увеличением канальциевой реабсорбции кальция и магния, снижением реабсорбции калия, неорганического фосфата и НСО3-. Уменьшается экскреция протонов и ионов аммония. Кроме того, паратгормон повышает способность почечной ткани образовывать активную форму витамина Д - 1,25-дегидрооксихолекальциферол.

Действие на костную ткань характеризуется тремя основными эффектами: 1) торможением синтеза коллагена в активных остеобластах; 2) активацией остеолизиса остеокластами; 3) ускорением созревания клеток-предшественников остеобластов и остеокластов. Следствием этих эффектов являются мобилизация кальция из кости (выход в кровь), обеднение матрикса протеингликанами и коллагеном.

Действие паратгормонов на желудочно-кишечный тракт ведет к увеличению всасывания кальция в тонкой кишке, что в свою очередь зависит от обеспеченности организма витамином Д и связано со стимулирующим действием паратгормона на образование активной формы витамина Д.

Секреция кальцитонина также зависит от концентрации ионизированного кальция в крови: увеличивается в ответ на его повышение и снижается при понижении. Кроме того, повышение содержания кальция в диете ведет к повышенной секреции кальцитонина. Этот эффект опосредуется глюкагоном, продукция которого возрастает при высоком содержании кальция в еде. Глюкагон - биохимический активатор секреции кальцитонина.

Мишень кальцитонина - костная ткань, посредник действия - кальцийзависимая АТФаза. Через нее гормон изменяет работу кальциевого насоса. Эффект проявляется уменьшением рассасывания кости, гипокальциемией и гипофосфатемией, уменьшением экскреции кальция с мочой. Последнее связано с торможением активности остеоцитов и остеокластов.

По результатам действия паратгормон и кальцитонин - антагонисты, хотя и действуют через разные клетки-мишени. Не исключается ингибиторное влияние кальцитонина на образование активной формы витамина Д в почках.

Концентрация кальция в крови (2,5 ммоль/л) меняется не более чем на 3% за счет гормонального контроля, обеспечивающего адсорбцию этого катиона кишечником, выведение из организма и отложение в костях. Основная масса кальция сосредоточена в костном скелете, по крайней мере половина кальция в крови связана с белками плазмы, главным образом с альбумином. В то же время различают три состояния кальция в клетке: Са2+, локализованный внутри клеточных органелл; хелатированный Са2+, т. е. ассоциированный с молекулой цитоплазматического белка, свободный, или ионизированный, Са2+.

Именно свободный Са2+ является регулятором разнообразных внутриклеточных процессов, обеспечивает проведение специфического трансмембранного сигнала в клетку благодаря изменениям концентрации собственного вещества.

7. Выход: Абсорбированный кальций выделяется почками, печенью и эпителием толстых кишок. Не всосавшийся кальций выделяется кишечником.

Выделение кальция с мочой и калом увеличивается при тиреотоксикозе и при применении тироксина, а также при введении в организм избыточного количества кислых веществ и при ацидозе, приеме фуросемида.

Золедроновая кислота, или золедронат, продается под названием "Зомета" Швейцарской компанией Новартис Эй Джи (Novartis AG), оплачивающей исследования. Препарат не был одобрен для лечения остеопороза. Но он предназначается для снижения высокого уровня кальция в крови людей, больных злокачественными новообразованиями. Группа исследователей, возглавляемая доктором Яном Ридом (Ian Reid) в Окландском университете (Новая Зеландия), обнаружила, что одна инъекция 4-х миллиграммов золедроновой кислоты в год лечит остеопороз не хуже, чем ежедневный прием общепринятых лекарств. http://mednovosti.ru/news/2002/02/28/osteo/

8. Клинические проявления и влияние на структуры организма:

При недостатке кальция наблюдаются: тахикардия, аритмия, побеление пальцев рук и ног, боли в мышцах, рвота, запоры, почечная колика, печеночная колика, повышенная раздражительность, дезориентация, галлюцинации, спутанность сознания, потеря памяти, тупость. Волосы - делаются грубыми и выпадают; ногти - становятся ломкими; кожа - утолщается и грубеет; зубы - дефекты в дентине, на эмали зубов появляются ямки, желобки; хрусталик - теряет прозрачность. Кроме недостатка кальция, недостаток витамина D, особенно у детей, ведет к развитию характерных рахитических изменений. Химический анализ рахитичных костей открывает уменьшение кальция, фосфатов и карбонатов и увеличение магния и органического вещества.

Характерными клиническими проявлениями гипокальциемии являются повышенная возбудимость нервной системы и приступы болезненных судорог (тетания). Могут появляться отклонения в поведении и ступор, онемение и парестезии, стридор гортани, катаракта (при хронической гипокальциемии), кальцификация базального ганглия. При обследовании таких больных у них выявляются положительный признаки Хвостека (сокращение мышц лица при постукивании в области окончания лицевого нерва) и Труссо (спазм запястья при расправлении наложенной на плечо манжетки сфигмоманометра до среднего значения между систолическим и диастолическим давлением в течение 3 минут). Эти признаки могут оказаться положительными до появления других симптомов, отражая наличие скрытой тетании. Нередко у больных гипокальциемией, сочетающейся с недостаточностью витамина D, появляются миопатия и боли в костях. Многие женщины, у которых имеется скрытая гипокальциемия, во время менструальных кровотечений испытывают сильные боли в низу живота. В таких случаях препараты кальция дают положительный эффект.

На фоне гипокальциемии могут происходить нарушения в сердечно-сосудистой системе. Гипокальциемия повышает возбудимость миокарда, что может приводить к появлению экстрасистолии. При детской тетании введение хлористого кальция прекращает судороги. При увеличении в крови концентрации ионов кальция и магния нервно-мышечная возбудимость уменьшается, а при увеличении концентрации ионов натрия и калия - повышается.

Гипокальциемия может способствовать появлению сердечной недостаточности, нарушениям ритма (экстрасистолия и др.), сопровождаться расстройством функций скелетной и гладкой мускулатуры, нарушением свертывания крови, развитием остеопороза.

Недостаток кальция чаще всего наблюдается при гипофункции паращитовидных желез. При этом уровень кальция снижается, а уровень фосфора повышается.

В анализе мочи отмечается гипокальциемия и гиперфосфатурия.

У детей часто развивается тетания. При явной тетании отмечаются следующие симптомы: ригидность мышц, подергивание век с побледнением лица, страбизм, нистагм, могут быть судороги.

Типичным проявлением у детей является ларингоспазм, который может вызваться легким рефлекторным воздействием (холод, волнение, внезапное пробуждение), также наблюдаются одышка, звучное, стонущее дыхание.

Спазм диафрагмы может вызвать apnoe с цианозом и потерей сознания.

Тетания бронхов может симулировать приступ астмы.

Сердечный спазм сопровождается тахикардией и аритмией.

Ангиоспазм проявляется побелением пальцев рук и ног, болями в мышцах.

Спазм гладких мышц ЖКТ проявляется болями, рвотой, запорами, диареей.

Спазм мочевого пузыря может спровоцировать почечную колику.

Спазм желчного пузыря - печеночную колику.

Судороги поперечно-полосатых мышц могут быть локализованы в какой-то одной группе мышц - например кардиопедальный спазм (рука акушера).

Генерализованные судороги напоминают приступ эпилепсии.

Психические симптомы: повышенная раздражительность, дезориентация, галлюцинации, спутанность сознания, потеря памяти, тупость.

У взрослых дефицит кальция, фосфора и витамина D проявляется остеомаляцией, которую можно рассматривать как "рахит взрослых". Все кости делаются мягче, чем при рахите детей, содержание минералов резко уменьшается, появляется заметная деформация костей. Прежде, чем устранять дефицит кальция необходимо насытить организм магнием.

При избытке кальция наблюдаются: хронический гипертрофический артрит, кистозная и фиброзная остеодистрофия, остеофиброз, мышечная слабость, затруднение координации движений, деформация костей позвоночника и ног, самопроизвольные переломы, переваливающаяся походка, хромота, тошнота, рвота, боли в брюшной полости, дизурия, хронический гломерулонефрит, полиурия, частые мочеиспускания, никтурия, анурия. При избытке кальция наблюдаются сильные сердечные сокращения и остановка сердца в систоле. Избыток кальция может приводить к дефициту цинка и фосфора, в то же время препятствует накоплению свинца в костной ткани.

Кроме гиперкальциемии, избыток витамина D также вызывает патологические состояния. Ежедневная дача витамина D2 до 25 тыс. интенсивных ЕД приводит к следующим токсическим явлениям: тошнота, анорексия, потеря в весе, диарея, головная боль, полиурия, частые позывы к мочеиспусканию, слабость, белок и цилиндры в моче, гематурия, дегенеративные изменения в эпителии почечных канальцев, сосудах, сердце, желудке, кишечнике, печени, бронхах с метастатической или дистрофической кальцификацией.