

# РОЛЬ ТИПОВЫХ ФОРМ НАРУШЕНИЙ ФОСФОРНО-КАЛЬЦИЕВОГО ОБМЕНА В СТОМАТОЛОГИИ

Учебное пособие



Владивосток  
Медицина ДВ  
2017

ISBN 978-5-98301-109-0



9 785983 011090



Издательство «Медицина ДВ»  
690950 г. Владивосток, пр-т Острякова, 4  
Тел.: (423) 245-56-49. E-mail: [medicinaDV@mail.ru](mailto:medicinaDV@mail.ru)

Министерство здравоохранения Российской Федерации  
Тихоокеанский государственный медицинский университет

# **РОЛЬ ТИПОВЫХ ФОРМ НАРУШЕНИЙ ФОСФОРНО-КАЛЬЦИЕВОГО ОБМЕНА В СТОМАТОЛОГИИ**

*Учебное пособие*



Владивосток  
Медицина ДВ  
2017

УДК 616.314-06:616-008.9(0758)

ББК 56.6-54.152я73

Р 68

*Издано по рекомендации редакционно-издательского совета  
Тихоокеанского государственного медицинского университета*

**Рецензенты:**

**В.Т. Долгих** – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой  
Патофизиологии с курсом клинической патофизиологии  
Омской государственной медицинской академии  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

**М.В. Осиков** – д.м.н., профессор кафедры патологической физиологии  
Южно-Уральского государственного медицинского университета  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Авторы:**

*Е.В. Маркелова, Е.А. Чагина, А.В. Костюшко,  
В.Е. Красников, Е.П. Турмова, С.А. Милехина*

Р 68     **Роль типовых форм нарушения фосфорно-кальциевого обмена  
в стоматологии** : учебное пособие / Е.В. Маркелова, Е.А. Чагина, А.В. Ко-  
стюшко и др. – Владивосток : Медицина ДВ, 2017. – 96 с.

ISBN 978-5-98301-109-0

Учебное пособие раскрывает представление об этиологии, патогенезе, кли-  
нических проявлениях, принципах диагностики, патогенетической профилак-  
тики и терапии основных нарушений фосфорно-кальциевого обмена, остеопороза,  
остеомаляции.

В качестве базиса в учебном пособии использованы современные информа-  
ционные ресурсы.

Учебное пособие составлено по дисциплине «Патофизиология головы и шеи»,  
в соответствии с требованиями Федеральных государственных образовательных  
стандартов и предназначено для обучающихся по программам специалитета  
«Стоматология».

УДК 616.314-06:616-008.9(0758)

ББК 56.6-54.152я73

ISBN 978-5-98301-109-0

© Коллектив авторов, 2017  
© «Медицина ДВ», 2017

## Сокращения

АВ-блокады	– Атриовентрикулярная блокада
АД	– Артериальное давление
АДГ	– Антидиуретический гормон
АМФ	– Аденозинмонофосфат
АПДС	– Аутоиммунный полигландулярный синдром
АТФ	– Аденозинтрифосфат
ВНД	– Высшая нервная деятельность
ВОЗ	– Всемирная организация здравоохранения
ГМК СФ	– Гранулоцитарно-макрофагальный колониестимулирующий фактор
ЖКТ	– Желудочно-кишечный тракт
ИЛ	– Интерлейкин
ИМТ	– Индекс массы тела
ИПФР	– Инсулиноподобный фактор роста
КТ	– Компьютерная томография
ККТ	– Количественная компьютерная томография
М-КСФ	– Макрофагальный колониестимулирующий фактор
МПК	– Минеральная плотность кости
МПКТ	– Минеральная плотность костной ткани
МРТ	– Магнитно-резонансная томография
МЭН	– Множественная эндокринная неоплазия
ОЦК	– Объем циркулирующей крови
ПГЕ	– Простагландин Е
ПТГ	– Паратиреоидный гормон
СКВ	– Системная красная волчанка
СТГ	– Соматотропный гормон
ТТГ	– Тиреотропный гормон
УЗИ	– Ультразвуковое исследование
ФНО	– Фактор некроза опухоли
ХПН	– Хроническая почечная недостаточность
ЦНС	– Центральная нервная система
ЩФ	– Щелочная фосфатаза
ЭКГ	– Электрокардиография
РН	– Водородный показатель

# Глава I

## РОЛЬ КАЛЬЦИЯ И ФОСФОРА В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗМА

**Кальций ( $\text{Ca}^{2+}$ )** относится к щелочноземельным металлам, обладает высокой биологической активностью. Все клетки – от примитивных одноклеточных организмов до нейронов коры больших полушарий человека – жизненно зависят от обмена кальция. Множество внутриклеточных процессов, от митоза и рождения клеток до апоптоза и их гибели, протекают с участием кальция. От него зависит генерация потенциалов действия и электромеханическое сопряжение, передача гормонального сигнала и движение клеток. Кальций регулирует скорость жизненно важных и внеклеточных процессов – например, свертывание крови. Он является основным структурным компонентом костей скелета и зубов животных и человека (табл. 1).

	20
Ca	
КАЛЬЦИЙ	2
40.08	8
4s <sup>2</sup>	8
	2

Кальций способен образовывать прочные соединения с белками, фосфолипидами, органическими кислотами. Благодаря этим свойствам он не только выполняет важную пластическую роль при формировании тканевых структур, но и влияет на многие физиологические и биохимические процессы, постоянно протекающие в организме человека и животных: участвует в регуляции проницаемости клеточных мембран и электрогенезе нервной, мышечной и железистой тканей, в процессах синаптической передачи, молекулярном механизме мышечного сокращения, в осуществлении секреторного и инкреторного процессов пищеварительными и эндокринными железами, а также контролирует ряд ферментативных процессов.

Таблица 1

Содержание кальция в организме

взрослого человека	20 г на 1 кг веса тела
новорожденного	9 г на 1 кг веса тела

Основная часть  $\text{Ca}^{2+}$  (98%-99%) находится в костной и хрящевой тканях и в зубах. В этих тканях он обнаруживается в виде карбоната, кальцийфосфата, соединении с хлором, органическими компонен-

тами и др.; остальная его часть – внутри клеток мягких тканей и во внеклеточной жидкости. Концентрация  $\text{Ca}^{2+}$  в плазме крови человека и большинства млекопитающих составляет около 10 мг% (2,5 мМ). В плазме крови  $\text{Ca}^{2+}$  обнаруживается в четырех фракциях – белковой, липидной, кислоторастворимой и органической. На долю кальция, образующего комплекс с белками, приходится одна треть общего его количества в плазме крови. Наибольшей кальцийсвязывающей способностью обладает альбумин,  $\beta$ -глобулины и цефалин.

Кальций является необходимым фактором в процессе свертывания крови: при его дефиците не происходит превращения протромбина в тромбин. Кровь, стабилизированная добавлением соединений, связывающих ионы этого микроэлемента (например, оксалата или цитрата натрия), не свертывается.

В клетках основная часть кальция связана с белками фосфолипидов клеточных мембран и мембран органелл. В ядрах клеток  $\text{Ca}^{2+}$  больше, чем в цитоплазме. Наиболее богаты кальцием ядра клеток печени, поджелудочной и вилочковой желез. Способностью накапливать, а в случае надобности, освобождать ионы кальция обладают митохондрии. Процесс аккумуляции ионов кальция сопряжен с переносом электронов и накоплением неорганического фосфата. Кальций-аккумулирующая способность митохондрий дает им возможность участвовать в процессах биологического кальцинирования и декальцинирования, а также в расслаблении мышц.

Ионам кальция принадлежит исключительная роль в регуляции тонуса симпатической и парасимпатической нервной системы. Если калий повышает тонус парасимпатической нервной системы, то кальций обладает симпатикотропным действием. Кальций повышает рефлекторную возбудимость спинного мозга и центра слюноотделения.

Действие  $\text{Ca}^{2+}$  на ткани проявляется в изменении их трофики, интенсивности окислительно-восстановительных процессов и в других реакциях, связанных с образованием энергии.

В сутки взрослый человек должен получать с пищей от 800 до 1100 мг  $\text{Ca}_2^{2+}$ . В большем количестве кальция нуждаются дети (от 1000 мг в сутки до 7 лет и около 1400 мг в 14-18 лет), беременные женщины (1500 мг в сутки) и кормящие матери (1800-2000 мг в сутки). Источником экзогенного кальция для организма является пища (табл. 2). Ежедневная потребность в нем составляет около 25 ммоль (1 г). Примерно 10 ммоль из этого количества абсорбируется в кишечнике, а 3,8 ммоль возвращается в просвет кишечника с пищеварительными соками и выводится с калом.

Таблица 2

Содержание кальция в различных продуктах питания  
(мг кальция на 100 г продукта)

Продукт питания	Кальций, мг
Молоко пастеризованное (1,5%, 2,5%, 3,2%)	120
Сметана 20% жирности	86
Кефир жирный	120
Кефир нежирный	126
Творог 5% жирности	164
Творог жирный	150
Йогурт (1,5%, 6%)	124
Молоко сгущенное с сахаром	304
Сыр голландский, российский	1000
Сыр комстромской	900
Брынза из коровьего молока	530
Плавленый сыр	760
Мороженое пломбир	159
Шпроты в масле (консервы)	300
Лещ в томатном соусе (консервы)	424
Судак в томатном соусе (консервы)	507
Горбуша в томатном соусе (консервы)	340
Рыба свежая - лещ	25
Рыба свежая – сельдь атлантическая	60
Рыба свежая – минтай	40
Морковь	46
Капуста белокачанная	48
Петрушка (зелень)	245
Салат листовой	77
Свекла	37
Кунжут	1474
Миндаль	273
Семена подсолнечника	367
Халва тахинная	824
Молочный шоколад	199
Смородина черная	36
Малина	40
Апельсин	34
Крупа овсяная	64
крупа гречневая	70
Рис	40
Фасоль	150
Хлеб пшеничный	37
Хлеб ржаной	44
Абрикосы сушеные	166
Изюм	80
Яйцо	55

<b>Р</b>	<b>15</b>
ФОСФОР	
30,973	5
$3s^2 3p^3$	8
	2

**Фосфор (Р)** относят к химическим биоэлементам наряду с кислородом, углеродом, азотом и кальцием образует основную массу живого вещества. Фосфор входит в состав важнейших биоорганических соединений: нуклеотидов, нуклеиновых кислот, фосфопротеидов, фосфорных эфиров углеводов, ряда витаминов и коферментов, участвующих в различных метаболических процессах. Он, как и кальций, один из главных компонентов костной ткани и зубов.

Макроэргические связи в молекулах АТФ и креатинфосфата, образованные атомами фосфора, обуславливают использование этих соединений в качестве универсальных источников энергии в живых системах.

**Фосфор сыворотки крови.** В организме взрослого человека содержится около 600 г фосфора, 85% из них представлено кристаллической формой в скелете, около 15% распределено во внеклеточной жидкости в форме ионов неорганического фосфата и в мягких тканях в виде сложных фосфорных эфиров.

Сывороточный неорганический фосфат так же, как и кальций, состоит из трех фракций: ионизированной, связанной с белками и с комплексами. Белковое связывание не столь значимо для фосфата и составляет около 10% общего количества, но 35% связано с другими ионами, остальное количество связано с ионизированной фракцией (0,61 ммоль/л). В противоположность кальцию уровень фосфата в сыворотке крови колеблется в более широких пределах (от 0,75 до 1,65 ммоль/л) и зависит от возраста, пола, питания, рН и содержания различных гормонов.

В системном фосфорном гомеостазе и поддержании концентрации фосфора в крови ведущую роль играют почки. Это тесно сочетается с фосфорным порогом для канальцев почек.

В среднем здоровый человек с пищей потребляет 40 ммоль  $PO_4$  (1240 мг/сут.), кишечная абсорбция фосфора составляет приблизительно 25 ммоль/сут. (775 мг). Почки экскретируют с мочой почти такое же количество фосфата. Почечная экскреция фосфата напрямую зависит от его потребления, поэтому колеблется в широких пределах – от 2 до 80 ммоль/сут. (62-2 480 мг) (табл. 3).

Основным источником органического и неорганического фосфора для человека служит пища.

Наиболее ценными источниками легко усвояемого фосфора являются яйца (особенно желток), печень, мясо, молоко, сыр, бобы, горох.

В злаках (особенно в неочищенных зернах) и овощах фосфор содержится в форме плохо усвояемых фитатов – нерастворимых, смешанных кальциевых и магниевых солей фитовой кислоты (гексофосфата инозитола).

Таблица 3

Потребность в фосфоре на 1 день

новорожденные	120 мг
дети 1-6 мес.	400 мг
7-12 мес.	500 мг
1-3 лет	800 мг
4-6 лет	1450 мг
7-10 лет	1650 мг
11-17 лет (мальчики)	1800 мг
11-17 лет (девочки)	1650мг
взрослые	1200 мг
беременные и кормящие	1500 мг

Соотношение потребления Са/Р должно составлять 1 для взрослого и больше 1 для растущего организма.

В противоположность кальцию увеличение приема с пищей фосфатов приводит к повышенному содержанию неорганического фосфора в сыворотке крови – гиперфосфатемии.

Увеличение концентрации фосфора в сыворотке крови снижает содержание кальция и тем самым опосредованно стимулирует секрецию паратгормона (ПТГ). Фосфор не обладает прямым эффектом на ПТГ-секретирующие клетки. Тем не менее при нарушении экскреции фосфора почками наблюдается вторичная стимуляция околощитовидных желез, приводящая к их гипертрофии.

## МЕТАБОЛИЗМ КАЛЬЦИЯ В ОРГАНИЗМЕ

Кальций относится к трудноусвояемым элементам. Попадающие с пищей в организм человека соединения кальция практически нерастворимы в воде. Под влиянием кислого содержимого желудка они частично переходят в растворимые соединения, но ввиду незначительной всасываемости кальция в данном органе, этот переход существенного значения не имеет.

Щелочная среда тонкого кишечника способствует образованию трудноусвояемых соединений кальция, и лишь воздействие на них желчных кислот позволяет перевести их в усвояемое состояние. Всасывание  $\text{Ca}^{2+}$  наиболее активно происходит в двенадцатиперстной и тощей кишках с участием механизмов простой и облегченной



Рис. 1. Метаболизм кальция в организме.

диффузии, активируется витамином В, соком поджелудочной железы, желчью и рядом других соединений.

#### Усвояемость кальция зависит:

- от его соотношения с жирами

Установлено, что наибольшее количество  $\text{Ca}^{2+}$  всасывается в тех случаях, когда на каждый грамм введенного с пищей жира приходится около 10 мг кальция. Нарушение этой пропорции в сторону уменьшения или увеличения одинаково отрицательно сказывается на усвоении кальция организмом. При недостаточном поступлении жира образуется слишком мало кальциевых солей жирных кислот, дающих растворимые комплексные соединения с желчными кислотами. При чрезмерно жирной пище не хватает желчных кислот, чтобы перевести кальциевые соли жирных кислот в растворимое состояние, и значительная часть кальция выделяется с калом (в норме с калом выделяется 500-800 мг в сутки);

- от его соотношения с магнием и калием в пище

Они конкурируют с ним за желчные кислоты, поэтому количество магния в пищевых рационах должно составлять 1/2-3/4 от количества кальция;

- от его соотношения с фосфором в пище

Избыток фосфора влечет за собой повышенное образование трехосновного фосфорнокислого кальция, который практически не реагирует с желчными кислотами и не переводится в растворимое состояние. Увеличение содержания фосфора в пище ухудшает кальциевый баланс (уменьшает всасывание  $\text{Ca}^{2+}$  и повышает выведение его из организма). Физиологически нормальным считается соотношение кальция и фосфора в пище 1:1½ или 1:2;