[Биологическая роль фосфора](http://www.smed.ru/guides/192/)

Фосфор содержится во всех частях зелёных растений, ещё больше его в плодах и семенах. Высшие организмы используют органический фосфор, получая его из растительных источников с пищей. Фосфор также содержится в животных тканях, входит в состав белков и других важнейших органических соединений, является элементом жизни.

Общее содержание фосфора в организме человека составляет приблизительно 500 г у мужчин и 400 г у женщин.

Фосфор во внеклеточных жидкостях составляет лишь 1% от общего фосфора организма. Большая часть (70%) общего фосфора в плазме обнаружена как составная часть органических фосфолипидов. Однако клинически полезной фракцией в плазме является неорганический фосфор, 10% которого связано с белком, 5% составляют комплексы с кальцием или магнием и большая часть неорганического фосфора плазмы представлена двумя фракциями ортофосфата. Фосфор обнаружен во всех клетках организма. Основные места, содержащие его, это – гидроксиапатит кости и скелетная мускулатура.

Фосфор присутствует в живых клетках в виде орто- и пирофосфорной кислот, входит в состав нуклеотидов, нуклеиновых кислот, фосфопротеидов, фосфолипидов, коферментов, ферментов. Мембраны клетки состоят в значительной степени из фосфолипидов. Кости человека состоят из гидроксилапатита, который представляет собой сложную соль и участвует в белковом обмене. Содержание его в клетках в 50 раз больше, чем в крови. Фосфор в виде фосфатов входит в состав нуклеиновых кислот и нуклеотидов (ДНК, РНК), участвует в процессах кодирования и хранения генетической информации. Соединения фосфора принимают участие в важнейших процессах обмена энергии. Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) и креатинфосфат являются аккумуляторами энергии, с их превращениями связаны мышление и умственная деятельность, энергетическая жизнеобеспеченность организма.

Неорганический фосфат входит в состав буферной системы крови и регулирует ее кислотно-основное равновесие. Этот показатель является очень важным, даже незначительные его изменения могут привести к тяжелым нарушениям в организме. Большая часть фосфора, содержащегося в крови, входит в состав эритроцитов. В состав зубной эмали входит фторапатит. Основную роль в превращениях соединений фосфора в организме человека и животных играет печень. Постоянную концентрацию фосфора в организме обеспечивают витамин D и гормон паращитовидных желез. Невсосавшийся в тонком кишечнике фосфор выводится с мочой (до 60%) и калом.

При недостатке фосфора в организме развиваются различные заболевания костей.

Избыточное поступление фосфора приводит к развитию повышенного содержания фосфора в крови, что провоцирует развитие мочекаменной болезни. Этот факт имеет большое значение у детей младшего возраста, у них органы еще не сформированы до конца и не могут обеспечить его полноценное выведение. При нарушениях обмена фосфора возникает размягчение костной ткани у взрослых и развивается рахит у детей.

* [Метаболизм фосфора](http://www.smed.ru/guides/192/)

Метаболизм фосфора в организме представляет сложное взаимодействие между различными факторами, которые могут затрагивать пищеварение, абсорбцию, распределение и экскрецию его.

Нерастворимые минеральные соли фосфата образуются при повышенном pH. Кислая среда желудка (pH = 2) и большей части проксимального отдела тонкой кишки (pH = 5) может играть важную роль в поддержании растворимости и биодоступности неорганического фосфора. В этом отношении важны потенциальные эффекты гипохлоргидрии (у пожилых и получающих антисекреторную терапию пациентов) на растворимость и биодоступность фосфора.

Приблизительно 60–70% фосфора абсорбируется из обычной смешанной диеты. Показано, что всасывание фосфора находится в диапазоне от 4 до 30 мг/кг массы тела в сутки и связано с его потреблением. Эффективность всасывания фосфора во многом зависит от содержания в рационе кальция. Фосфор работает совместно с кальцием, и их соотношение необходимо держать равным 1:1 по эквиваленту (1:1,5 по массе).

Физиологические состояния, характеризующиеся увеличением потребности в фосфоре (рост, беременность и кормление грудью), сопровождаются соответствующим усилением его абсорбции. У людей старших возрастных групп происходят изменения в экскреции фосфора и адаптации к фосфору пищи. Показано, что, несмотря на потребление рекомендуемой нормы фосфора, отрицательный его баланс наблюдается в возрасте старше 65 лет, за счет потери фосфора с мочой.

Клеточный и молекулярный механизм всасывания фосфора кишкой до конца не изучен. Транспорт фосфора через кишечную клетку – это активный, натрийзависимый путь. Внутриклеточные уровни фосфора относительно высоки. Паратгормон напрямую не регулирует абсорбцию фосфора в кишечнике. Назначение активного метаболита витамина D приводит к увеличению всасывания фосфора и у здоровых, и у пациентов с уремией. Регуляция общего уровня фосфора в организме требует скоординированных усилий почки и кишечника. В условиях низкого потребления фосфора с пищей кишечник увеличивает его всасывание, а почка – почечный транспорт, чтобы минимизировать его мочевые потери. Эта адаптация обеспечивается изменениями в уровне активного метаболита витамина D и паратгормона в плазме. Если адаптивные меры не в состоянии скомпенсировать низкое потребление фосфора, то фосфор кости может перераспределяться в мягкие ткани. Однако эти компенсаторные возможности не безграничны.

Фекальные потери фосфора составляют 0,9–4 мг/кг в день. Основная экскреция происходит через почки в широком диапазоне (0,1–20%). Следовательно, почки обладают способностью эффективно регулировать фосфор плазмы. Скорости почечной реабсорбции регулируется концентрацией фосфора в плазме. Гормональный регулятор почечной реабсорбции фосфора – паратгормон и нефрогенный цАМФ. Концентрация паратгормона плазмы положительно коррелирует с уровнем экскреции фосфора с мочой. Главные признаки потери фосфора с мочой – увеличение абсорбции фосфора и повышение его уровня в плазме. Состояния, которые приводят к гиперфосфатурии – гиперпаратиреоидизм, острый дыхательный или метаболический ацидоз, мочегонные средства и увеличение внеклеточной массы фосфора. Уменьшение выделения фосфора с мочой связано с диетическим ограничением фосфора, увеличением в плазме инсулина, гормона щитовидной железы, роста или глюкагона, алкалозом, гипокалиемией и внеклеточным снижении массы фосфора.

* [Потребности организма человека в фосфоре](http://www.smed.ru/guides/192/)

Установленная норма потребления фосфора для взрослых старше 24 лет – 800 мг.

Среднее ежедневное потребление фосфора составляет приблизительно 1500 мг для мужчин и 1000 мг для женщин. При напряженных физических тренировках потребность в фосфоре может быть существенно увеличена.

* [Пищевые источники фосфора](http://www.smed.ru/guides/192/)

Фосфор широко распространен в пищевых продуктах.

Источники пищи, содержащие много белка (мясо, молоко, яйца и злаковые) имеют высокое содержание фосфора. Относительный вклад основных групп пищи к общему потреблению фосфора приблизительно составляет: 60% – из молока, мяса, домашней птицы, рыбы и яиц; 20% – из злаковых и бобовых; 10% – из фруктов и соков. Алкогольные напитки в среднем поставляют 4% потребляемого фосфора, а другие напитки (кофе, чай, безалкогольные напитки) обеспечивают 3%.

Значительным содержанием фосфора отличаются молочные продукты, в частности сыры (до 60 мг/100 г), а также яйца (в желтке - 470 мг/100 г). Много фосфора в бобовых (в фасоли - 504, горохе - 369 мг/100 г), в хлебе и крупах (200 - 300 мг на 100 г), однако усвояемость фосфора зерновых продуктов низка в связи с большим удельным весом фитиновых соединений. Важным источником фосфора являются мясо и рыба (120 - 140 мг/100 г).

* [Токсичность фосфора](http://www.smed.ru/guides/192/)

Фосфор и фосфаты нетоксичны. Летальная доза для человека: 60 мг Р 4 .

Некоторые соединения фосфора (фосфин) очень токсичны.

* [Составные компоненты пищи, влияющие на биодоступность фосфора](http://www.smed.ru/guides/192/)

Различные диетические компоненты могут ингибировать или увеличивать биодоступность фосфора.

Биодоступность фосфора выше, если он содержится в продуктах животного происхождения, нежели растительного.

Фосфор хорошо абсорбируется из мяса – более 70%, где он представлен, главным образом, в виде внутриклеточных органических соединений. Неорганические фосфаты составляют 1/3 фосфора в молоке; 20% приходится на соединения сложных эфиров с аминокислотами казеина; 40% – на казеиновые. Относительная биодоступность фосфора в молоке составляет 65–90% у младенцев.

В пшенице, рисе и кукурузе более 80% общего фосфора найдено в виде фитиновой кислоты и 35% обнаружено ее в зрелых картофельных клубнях. Люди не обладают ферментом фитазой, необходимой для расщепления фитатов и освобождения фосфора. Но прокариоты (дрожжи и бактерии) содержат фитазу. Это любопытное свойство природы важно для пищевого фосфора по двум причинам. Вначале традиционное использование дрожжей в производстве хлеба приводит к разложению фитата из-за гидролитического действия дрожжей до выпечки. Далее кишечные бактерии способны разложить некоторое количество пищевого фитата.

* + **Взаимодействие между нутриентами**

Высокий уровень фосфора в молочных смесях, используемых для кормления недоношенных новорожденных, может уменьшать абсорбцию магния. Показано, что фосфор уменьшает всасывание свинца у людей.

Известно, что диета, содержащая ежедневно 2 г кальция, не влияет на всасывание фосфора. Однако высокое содержание в пище кальция и пищевое подавление абсорбции может быть полезным в терапевтических целях для улучшения состояния гиперфосфатемии у пациентов с хронической почечной недостаточностью. Прием с пищей 1000 мг кальция при содержании в ней 372 мг фосфора уменьшает всасывание фосфора, то есть избыточное потребление добавки кальция может оказывать неблагоприятный эффект на баланс фосфора.

Алюминий или магнийсодержащие антациды связывают фосфор в желудочно-кишечном трактате и уменьшают его всасывание.

* [Оценка статуса фосфора](http://www.smed.ru/guides/192/)

Содержание фосфора и фосфатов определяют в крови, моче, проводят изучение активности паратгормона.

Подробнее: Определение [фосфора в крови](http://www.smed.ru/guides/331/#article) , определение [фосфора в моче](http://www.smed.ru/guides/47762/#article) ,определение [паратгормона](http://www.smed.ru/guides/414/#article) .

Об избытке фосфора в организме судят по гипертрофии паращитовидных желез, образованию камней в органах мочевыводящей системы, кальцификатов в мягких тканях, а также по развитию остеомаляции и остеопороза. Подробнее: [Диагностика остеопороза](http://www.smed.ru/guides/984/#article) .

Для оценки статуса фосфора часто используется уровень содержания его в сыворотке крови. Однако этот показатель неадекватен. Лишь 1% общего фосфора организма находится во внеклеточной жидкости. Кроме того, фосфор плазмы жестко регулируем, прежде всего почечной экскрецией. Уровень фосфора в сыворотке крови может быть повышен из-за катаболизма мышц и кости или снижен при быстрых изменениях фосфора во внутриклеточном пространстве.

* [Пониженное содержание фосфора в организме](http://www.smed.ru/guides/192/)

У здоровых людей существует малая вероятность развития дефицита фосфора вследствие его широкой представленности в рационах. Однако недоношенные новорожденные часто склонны к развитию рахита из-за неадекватной поставки фосфора и кальция. Витамин D-независимый гипофосфатемический рахит был впервые описан в 1937 г.

Показано, что явные симптомы дефицита фосфора (анорексия, слабость, боли в костях) не развивались до снижения уровня фосфора сыворотки ниже 1,0 мг/дл. Для достижения такого уровня фосфора в сыворотке необходимо назначение фосфатсвязывающих антацидов. Дефицит фосфора сопровождается снижением его экскреции с мочой и увеличением в моче кальция, магния и калия. Весь кальций и большинство магния при этом поступают из кости.

Недостаток фосфора в организме, прежде всего, ассоциируется с астеническим состоянием, слабостью, недомоганием. В целом же для людей с дисбалансом фосфора характерна повышенная интеллектуальная активность, которая обычно быстро сменяется нервным истощением. Как правило, у таких людей за всплесками эмоциональной реакции на окружающее наступают апатия и депрессия.

* + **Причины гипофосфатемии**

Причины гипофосфатемии (снижения концентрации фосфора в крови), в зависимости от патогенеза, могут быть сгруппированы в три категории:

* + - Быстрое перемещение внеклеточного фосфора во внутриклеточное пространство.
    - Редуцированное кишечное всасывание фосфора.
    - Повышенные кишечные потери и потери с мочой.

Замечено, что гипофосфатемия клинически связана с избыточной массой тела без адекватного поступления фосфора, желудочно-кишечной мальабсорбцией, голоданием, сахарным диабетом, алкоголизмом и дисфункций почечных канальцев.

* + - Гипофосфатемия может наблюдаться при хроническом злоупотреблении фосфатсвязывающих антацидов.

* + **Причины дефицита фосфора**
    - Нарушение регуляции обмена фосфора.
    - Недостаточное поступление в организм (низкое потребление белка).
    - Повышенное поступление в организм соединений кальция, алюминия, магния, бария.
    - Избыточное потребление искусственных напитков (лимонады и пр.).
    - Длительные хронические заболевания.
    - Интоксикации, наркозависимости, алкоголизм.
    - Заболевания щитовидной железы.
    - Болезни околощитовидных желез.
    - Заболевания почек.
    - Искусственное вскармливание грудных детей.

* + **Основные проявления дефицита фосфора**
    - Повышенная утомляемость, снижение внимания, слабость, истощение.
    - Боли в мышцах.
    - Снижение сопротивляемости к инфекциям к простудным заболеваниям.
    - Недостаточность белоксинтезирующей функции печени.
    - Дистрофические изменения в миокарде.
    - Кровоизлияния на коже и слизистых оболочках.
    - Остеопороз.
    - Иммунодефицитные состояния.

* [Повышенное содержание фосфора в организме](http://www.smed.ru/guides/192/)

Интоксикация соединениями фосфора сопровождаются нарушениями функции печени и почек, сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, расстройствами деятельности других органов и систем; развиваются гипохромная анемия, появляются многочисленные геморрагии.

У животных, получавших длительно рацион, содержащий более чем 2:1 соотношение фосфора к кальцию, наблюдались гипокальциемия и вторичный гиперпаратиреоидизм с чрезмерной резорбцией и потерей кости. У младенцев при искусственном вскармливании молоком с высоким содержанием фосфора может возникать гипокальциемия и тетания.

Гиперфосфатемия обычно наблюдается при хронической почечной недостаточности. Она может также развиться при тяжелом гемолизе, распаде опухоли, синдроме рабдомиолиза и различных эндокринных дисфункциях, (гипопаратиреоидизм, акромегалия, выраженный тиреотоксикоз). Клиническое проявление хронической гиперфосфатемии: эктопические кальцификаты.

* + **Причины избытка фосфора**
    - Избыточное поступление фосфора ("белковый перекорм").
    - Избыточное употребление консервированных продуктов, лимонадов.
    - Длительный контакт с фосфорорганическими соединениями.
    - Нарушение регуляции обмена.
  + **Основные проявления избытка фосфора**
    - Отложение в тканях малорастворимых фосфатов.
    - Почечно-каменная болезнь.
    - Поражение печени, желудочно-кишечного тракта.
    - Развитие анемии, лейкопении.
    - Кровотечения, кровоизлияния.
    - Декальцинация костной ткани.

* [Определение концентрации фосфора в крови](http://www.smed.ru/guides/192/)

Основными показаниями для определения содержания фосфора в крови являются: различные заболевания костей, почек, паращитовидных желез. Подробнее: [Определение фосфора](http://www.smed.ru/guides/331/#article).

* [Синергисты и антагонисты фосфора](http://www.smed.ru/guides/192/)

Усвоение фосфора в организме человека усиливается под влиянием витаминов A, D, F; а также K, Ca, Fe, Mn, HCl (желудочного сока), ферментов и белков.

В свою очередь, Al, Fe, Mg, Са; наряду с чрезмерным употреблением сахара; витамин D; паратгормон, эстрогены, андрогены, кортикостероиды и тироксин способны снижать уровень фосфора в организме.

* [Коррекция недостатка и избытка фосфора в организме](http://www.smed.ru/guides/192/)

Восполнение дефицита фосфора в организме происходит путем увеличения потребления богатых фосфором пищевых продуктов, БАД и лекарственных препаратов (АТФ, рибоксин, фосфоколин, глицерофосфаты, фитин и др.).

При хронической гиперфосфатемии рекомендуется, когда это возможно, ограничение диетического потребления фосфора и назначаются пероральные фосфатсвязывающие, веществ, содержащие соли алюминия, кальция или магния. Однако длительный прием алюминия и магния противопоказан больным с хронической почечной недостаточностью. Иногда лечение проводится путем парентерального введения бедных фосфатами растворов.

* [Соединения фосфора](http://www.smed.ru/guides/192/)

Некоторые соединения фосфора (фосфин) очень токсичны. Боевые отравляющие вещества зарин, зоман, табун являются соединениями фосфора.

Острые отравления соединениями фосфора проявляются жжением во рту и желудке, головной болью, слабостью, рвотой. Через 2-3 суток развивается желтуха. Для хронических форм отравления характерны нарушение кальциевого обмена, поражение сердечно-сосудистой и нервной систем.

Первая помощь при остром отравлении соединениями фосфора — промывание желудка, слабительное, очистительные клизмы, внутривенно растворы глюкозы. При ожогах кожи обработать пораженные участки растворами медного купороса или соды.

Красный фосфор практически нетоксичен. Пыль красного фосфора, попадая в легкие, вызывает пневмонию при хроническом действии.

Белый фосфор очень ядовит, растворим в липидах. Смертельная доза белого фосфора — 50-150 мг. Попадая на кожу, белый фосфор дает тяжелые ожоги.

Предельно допустимая концентрация паров фосфора в воздухе 0,03 мг/м3.

* [Применение соединений фосфора](http://www.smed.ru/guides/192/)

Соединения фосфора используется в химической промышленности, при обработке металлов, в сельском хозяйстве (фосфорные удобрения). "Кормовые" фосфаты (соли ортофосфорной кислоты содержащие фосфор и кальций) применяются в качестве подкормки для сельскохозяйственных животных.

В медицине множество соединений фосфора используется в виде лекарственных препаратов. Фосфаты цинка применяются в качестве пломбировочного материала в стоматологии.

Источник информации

<http://www.smed.ru/guides/192/#Biologicheskaya_rol_fosfora>