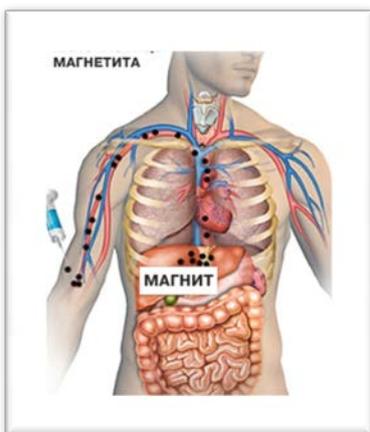


Магнитный ответ «плохим клеткам»

Кандидат химических наук Елена Гришечкина

Магнетит — широко распространённый минерал чёрного цвета, обладающий магнитными свойствами. Для него характерен металлический блеск, иногда можно заметить жирно-смоляной или матовый блеск. Химическая формула магнетита — Fe_3O_4 (он представляет собой смесь оксидов железа FeO и Fe_2O_3). Кристаллы магнетита образуют гранецентрированную кубическую решётку.

Схема адресной доставки лекарственных средств.



О магнитных свойствах магнетита известно давно. Древнегреческий писатель Плиний Старший утверждал, что магнетит назван по имени греческого пастуха Магнуса, который как-то споткнулся о камень, а потом заметил, что этот необычный камень притягивает его сандалии, в которые были вбиты металлические гвозди. Но, скорее всего, магнетит получил своё название от города Магнесия в Малой Азии. Магнетиту издавна приписывали лечебные свойства: его советовали носить при бессоннице, проблемах с желудком и даже при психических расстройствах. Считалось, что он способен притянуть, «примагнитить» удачу и здоровье. Конечно, всё это не более чем древние суеверия. Однако магнетит всё же нашёл применение в современной медицине.

Благодаря магнитным свойствам и низкой токсичности магнетит используют для адресной доставки лекарств, в методе магнитной гипертермии, в магнитно-резонансной томографии и для диагностики заболеваний с использованием метода магнитной сепарации.

Магнитную гипертермию в борьбе со злокачественными новообразованиями используют уже более 20 лет: наночастицы магнетита локализуют в области опухоли и нагревают в переменном магнитном поле до $42\text{—}43^\circ\text{C}$, в результате чего опухолевые клетки гибнут, а здоровые остаются неповреждёнными.

Однако магнитные частицы должны не только распознать больную клетку, но и прочно закрепиться на ней. К счастью, в организме находятся молекулы, отвечающие за распознавание клеток, белков и других объектов, которые можно использовать для адресной доставки. Если такую молекулу-маркер «посадить» на поверхность частицы магнетита, то она сможет присоединиться к опухолевой клетке органа-мишени. Химики специально модифицируют поверхность наночастиц магнетита, «прививая» разные функциональные группы или создавая вокруг частиц оболочку, своего рода «скорлупу» из органического или неорганического вещества. Смысл таких модификаций в том, что как к специальным функциональным группам, так и к сплошной оболочке можно прочно «пришить» нужный маркер. Информацию о том, дошли ли частицы по адресу, даёт магнитно-резонансная томография. Частицы на основе магнетита позволяют в несколько раз увеличить контрастность МРТ-изображения, поэтому их используют не только для терапии, но и для диагностики заболеваний на самых ранних стадиях.

Если вместо маркера к поверхности частиц магнетита «пришить» лекарство, то при воздействии внешнего магнитного поля частица доставит его в орган-мишень. Такой

способ адресной доставки противораковых препаратов помогает снизить их токсичность для организма в целом, направив действие только на больные клетки.

Однако использование магнетита, будь то гипертермия или же адресная доставка лекарств, сопряжено с опасностью закупорки сосудов его частицами. Связано это с особенностями самого магнетита: он относится к ферримагнетикам и после снятия внешнего поля способен оставаться намагниченным (остаточная намагниченность отлична от нуля). Поэтому частицы магнетита по-прежнему притягиваются одна к другой, образуя крупные агломераты, которые могут закрыть просвет небольшого сосуда.

И вот тут на помощь пришли нанотехнологии. Известно, что для объектов масштаба 1—100 нанометров проявляется размерный эффект — когда физические и химические свойства вещества меняются при уменьшении размеров его частиц. Для магнетита удалось получить частицы, у которых остаточная намагниченность равна нулю. Это свойство получило название суперпарамагнетизма — он проявляется, когда размер частиц составляет менее 25—30 нм. После выключения внешнего магнитного поля такие нанометровые частицы «разбегутся» и по отдельности продолжат свой путь в организме, так что при использовании их на практике можно не бояться, что они закупорят сосуды.

Субмикронные частицы — частицы, размер которых превышает 100 нм, — тоже нашли применение в медицине — их используют для диагностики. При разных заболеваниях в организме появляются характерные молекулы, по которым можно распознать конкретную болезнь. Эти молекулы удаётся «поймать» с помощью специфических иммунных белков-антител, связывающихся только с молекулами одной конкретной разновидности и ни с какими больше, — такая «своя» молекула называется антигеном. Но вот есть материал для анализа, есть антитела — как узнать, с чем они связались, а с чем нет? Здесь и пригодятся частицы магнетита: «прикрепляем» к ним нужные антитела, затем частицы с антителами вносим в анализируемый биоматериал и ждём, пока они прореагируют с антигенами, после чего в специальном приборе с помощью магнита отделяем те частицы, на которых «повисли» антигены. Такой метод называется магнитной сепарацией, и использовать в нём можно как субмикронные, так и наноразмерные частицы.

Поиском новых путей применения частиц магнетита в медицине сейчас заняты исследователи во всём мире, и наша страна здесь не исключение. Например, сотрудники лаборатории неорганических технологий в ФГУП «ИРЕА» недавно предложили новый подход к получению сферических нано- и субмикронных частиц магнетита. Взяв за основу существующий способ получения частиц магнетита в жидкой среде, они сумели существенно упростить методику синтеза частиц размером 50—200 нм, исключив необходимость использования сложного оборудования и щёлочи. Теперь в лаборатории работают над тем, чтобы быстрее приступить к практическому применению полученных частиц.