

воздействие на окружающую среду, но и занять лидирующее положение в отрасли.

Список использованных источников

1. Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control
2. Система энергетического менеджмента. Требования и руководства по применению. – ГОСТ Р ИСО 50001-2012.
3. Наилучшие экологические практики в горнодобывающей промышленности // Под ред П. Кауппила, М.Л. Ряйсянен, С. Мюллюоя /Центр окружающей среды Финляндии.– Хельсинки, 2013.
4. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. ИТС 8-2015.
5. Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities, ES, 2009.

УДК 504.054

ХЕМОБИОКИНЕТИКА ТИОЛОВЫХ ЯДОВ

Кузьмина О.Н.

Белорусский национальный технический университет

Хемобиокинетика — это раздел токсикологии о путях поступления, механизмах всасывания, распределения, биотрансформации в организме и выведения токсичных химических веществ.

К тиоловым ядам относятся химические вещества, способные блокировать сульфгидрильные (SH-) группы белков, нарушая обменные процессы в организме (мышьяк и тяжелые металлы (кадмий, ртуть, свинец, медь, железо, кобальт, цинк, марганец, молибден, хром, ванадий, никель).. Известно более 100 ферментов, активность которых может тормозиться при блокировании в их молекулах SH-групп. С веществами, содержащими сульфгидрильные группы, связано проведение нервного импульса, тканевое дыхание, мышечное сокращение, проницаемость клеточных мембран и другие важнейшие функции. Избирательное сродство ядовитых соединений к SH-группам приводит к блокированию этих биохимических процессов. Они связывают также аминные, карбоксильные и другие группы

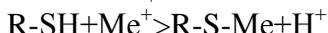
Отрицательный эффект взаимодействия тяжелых металлов с биологически активными макромолекулами связан со следующими процессами:

- вытеснением необходимых металлов из их активных мест связывания токсичным металлом;
- связыванием части макромолекулы, необходимой для нормальной жизнедеятельности организма;
- сшиванием макромолекул с образованием биологических агрегатов, вредных для организма;
- деполимеризацией биологически важных макромолекул;
- неправильным спариванием оснований нуклеотидов и ошибками в процессах белкового синтеза

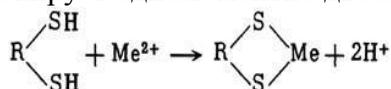
Воздействие на молекулярном, тканевом, клеточном и системном уровнях зависит от концентрации и длительности экспозиции тяжелых металлов, комбинации его с другими факторами, предшествующего состояния здоровья человека и его иммунологической реактивности, генетически обусловленной чувствительности. Несмотря

на разнообразие тяжелых металлов существуют единые механизмы их воздействия на организм человека.

Механизм взаимодействия тяжелых металлов с сульфгидрильными соединениями следующий: образуются слабо диссоциирующие и нерастворимые соединения — меркаптиды. При этом одновалентные металлы реагируют по такой общей схеме:



Если металлический ион двухвалентный, то он блокирует одновременно две SH-группы:



Различные тяжелые металлы обладают разным химическим сродством к сульфгидрильным группам. Сильнее всего оно выражено у ртути, трехвалентного мышьяка, серебра, свинца и трехвалентной сурьмы.

Выделяют два основных пути поступления тяжелых металлов в организм человека: ингаляционный, пероральный

Очищение дыхательных путей от паров металлов при ингаляционном пути поступления происходит в две стадии. В первой стадии металлы быстро в течение 24 часов удаляются по бронхиальному дереву мерцательным эпителием. Во второй стадии металлы медленно от нескольких дней до многих месяцев удаляются из альвеолярной области. Ультрамикроскопические частицы металла, находящиеся в альвеолах диффундируют через альвеолярную мембрану в кровеносное русло путем диффузии или транспорта в форме коллоидов и белковых комплексов.

При пероральном поступлении тяжелых металлов с пищей и водой происходит их всасывание в кровь через слизистые оболочки полости рта, желудка и кишечника. Большинство из них всасывается в эпителиальные клетки

пищеварительного тракта и далее в кровь по механизму простой диффузии.

При всасывании из желудка кислая среда желудочного сока может способствовать, а может и затруднять резорбцию тяжелых металлов. Из желудка всасываются все жирорастворимые вещества и ионизированные молекулы органических веществ путем диффузии.

В желудке возможна фильтрация металлов через поры клеточной мембраны. При этом металлы меняют свой заряд или растворимость в воде: $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$, нерастворимые формы свинца - в более растворимые.

В основном всасывание соединений тяжелых металлов происходит из ЖКТ в тонком кишечнике. Некоторые металлы (медь, уран, ртуть), повреждая эпителий кишечника, нарушают всасывание.

Всасывание большинства металлов происходит путем активного транспорта, обеспечивающего поступление питательных веществ в кровь. Хром-Cr, марганец, цинк – всасываются в подвздошной кишке; железо, кобальт-Co, медь, ртуть, таллий, сурьма – в тощей. Щелочные металлы всасываются быстро. Щелочноземельные металлы (Ca, Sr, Ba) всасываются в кровь в количестве 20-60 %, образуя нерастворимые комплексы с фосфатами, или в виде гидроокисей. Трудно всасываются прочные комплексы с белками, которые образуют редкоземельные металлы (цезий, лантан, иттрий)

Транспорт тяжелых металлов в организме. Независимо от пути проникновения в организм токсические вещества попадают в ток крови. Многие тяжелые металлы связываются с белками плазмы (альбуминами). Между белком и металлом могут образовываться ионные, водородные связи и вандервальсовы силы. Некоторые металлы переносятся по кровотоку эритроцитами.

Например, 90 % мышьяка и свинца циркулирует в организме в эритроцитах.

Медленное проникновение в головной и спинной мозг характерно для катионов и анионов металлов. Некоторые металлы (ртуть, марганец, селен) проникают через плаценту и обнаруживаются в плоде.

Металлы накапливаются в тех тканях, где они в норме содержатся как микроэлементы, а также в органах, где интенсивный обмен веществ (печень, почки, эндокринные железы, нервная система).

Свинец, ртуть, кадмий, бериллий, марганец, хром накапливаются преимущественно в костях в виде нерастворимых солей, нервной системе, внутренних органах (печень, почки, легкие) в связи со специфическим сродством металла с SH-группами тканей, а также в волосах. Многие тяжелые металлы фиксируются на клеточной мембране, нарушая ее жизнедеятельность.

Металлы, образующие прочные связи с кальцием и фосфором, накапливаются преимущественно в костной ткани: рубидий, бериллий, барий, уран, торий.

Труднорастворимые редкоземельные элементы: лантан, церий, тербий и т.д. задерживаются в печени, селезенке, костном мозге в форме грубодисперсных коллоидов.

Некоторые металлы равномерно распределяются во всех органах: хром, ванадий, марганец, кобальт, никель, мышьяк, селен.

Превращения тяжелых металлов в организме. Проникающие в организм металлы подвергаются биотрансформации, в результате образуются менее токсичные вещества (детоксикация), более токсичные вещества или остаются в неизменном виде.

В настоящее время установлено, что биотрансформация протекает в печени, ЖКТ, легких, почках, крови и по последним данным в жировой ткани. Но главное значение

здесь имеет печень. В печени локализуются ферменты катализирующие метаболизм чужеродных веществ. Ферменты печени обладают высоким сродством к различным чужеродным веществам. Это дает им возможность вступать в реакции обезвреживания практически с любым химическим соединением, попавшим в организм.

В основе биотрансформации токсичных веществ лежит несколько типов химических реакций, в результате которых происходит присоединение или же отщепление метильных (-CH₃), ацетильных (CH₃COO-), карбоксильных (-COOH), гидроксильных (-OH) радикалов (групп), а также атомов серы и серосодержащих группировок.

Особую роль среди механизмов обезвреживания ядов играет реакция *синтеза* или конъюгации, в результате которой образуются нетоксичные комплексы – *конъюгаты*. При этом в реакциях конъюгации с ядами взаимодействуют глюкуроновая кислота, цистеин, глицин, серная кислота и др.

При биотрансформации токсичные металлы в организме могут многократно менять свою форму, меняя валентность и кислотный остаток. Металлы большую часть времени пребывания в организме существуют в виде комплексов с белками и нуклеиновыми кислотами. Металлы также соединяются с активными группами -ОН, -COOH (карбоксильная), -PO₃H (гидрофосфат), лимонной кислотой. Существует сродство отдельных металлов с белками и аминокислотами.

С аминокислотами соединяются такие металлы как ртуть, медь, цинк, никель, свинец, кобальт, кадмий, марганец, магний, кальций, барий преимущественно через -SH, -NH₂ (аминогруппа), -COOH (карбоксильная группа)

и др. группы, что определяет избирательность их биологического действия.

Депонирование металлов в организме происходит также в виде комплексов.

Металлы с переменной валентностью подвергаются в организме восстановлению и окислению, при этом переход в состояние низшей валентности обычно сопровождается уменьшением токсичности металлов: Cr^{+6} восстанавливается до малотоксичного Cr^{+3} , который быстро удаляется из организма с помощью виннокаменной кислоты; V^{+5} - до V^{+3} ; но мышьяк As^{+5} восстанавливается в организме до As^{+3} – более токсичного

Пути и механизмы выделения тяжелых металлов различны: через легкие, почки, ЖКТ, кожу.

Выделение из организма металлов происходит трехфазно. В первую очередь удаляются соединения, находящиеся в неизменном виде или слабо связанные с биологическими веществами. Во вторую очередь выводятся соединения металла с более прочными связями в организме. В третьей фазе - из постоянных тканевых депо.

Выделение через легкие начинается сразу же после прекращения поступления яда в организм с выдыхаемым воздухом.

Выделение через почки выполняется двумя механизмами: пассивной фильтрацией и активным транспортом.

В результате пассивной фильтрации в почечных клубочках образуется фильтрат, который содержит не электролиты. Выделение летучих неэлектролитов с мочой незначительно из-за возможности проникать в двух направлениях: из канальцев в кровь и из крови в канальцы.

Почками быстро выделяются металлы в виде ионов щелочные металлы – литий, рубидий, цезий; соли

двухвалентных металлов – бериллий, кадмий, медь; металлы, входящие в состав анионов – хром, ванадий, молибден, селен).

Металлы, задерживающиеся преимущественно в печени мало выводятся с мочой, а равномерно распределяющиеся в организме и затем быстро выводятся через почки и медленно через ЖКТ.

Выделение через ЖКТ тяжелых металлов начинается уже во рту со слюной (ртуть, свинец и др.).

Многие металлы с желчью попадают в кишечник и выделяются из организма (свинец, марганец). В кишечнике может происходить всасывание металлов в кровь и выделение их из организма с мочой. А может из кишечника металл попасть снова в печень, а затем с желчью опять в ЖКТ (внутрипеченочная циркуляция). Те металлы, которые в печени депонируются почти полностью выделяются с калом (редкоземельные металлы, золото, серебро и др.).

При отравлении тяжелыми металлами основная масса выделяется через кишечник, а остаточные количества выделяются медленно с мочой (ртуть).

С молоком выделяются многие металлы (ртуть, селен, мышьяк). С потом выделяются ртуть, медь, мышьяк.

Результатом токсического воздействия тяжелых металлов на организм является нарушение функционирования ряда его жизненно важных систем: ферментативной, нервной, дыхательной, репродуктивной, дыхательной, сердечно-сосудистой, развитие канцерогенеза и др.

Список использованных источников

1. Плетнева Т.В.. Токсикологическая химия ГЭОТАР-Медиа. Москва, 2013. – 512 с.

2. Вергейчик Т.Х. Токсикологическая химия – М.:МЕДпресс-информ,2009-400 с
- 3.. Общая токсикология: руководство для врачей / [Доценко В.А. и др.]; под ред. Лойта А.О. - Санкт-Петербург: ЭЛБИ-СПб, 2006. - 223 с.
4. Куценко С.А. Основы токсикологии, СПб, 2004.526с.
- 5.Ленинджер А. Основы биохимии./ Ленинджер А. - В 3-х томах. -М.: БИНОМ, 2014
6. Комов В.П., Биохимия. Учебник для Вузов. / Комов В.П., Шведова В.Н. – М.: Дрофа, 2004, 2006, 2014-638 с.
- 7.Юрин В.М. Основы ксенобиологии / Юрин В.М. - Минск: Новое Знание. 2002-266 с.
- 8.Гриц М.А. Основы токсикологии / Гриц М.А., Гриц Н.В.. – Минск: БГТУ, 2002-189 с.
- 9.Лойт А.О. Общая токсикология / Лойт А.О.. – С-П: 2005- 224 с.

УДК 504.06:51-74

ЭКСПЕРТНЫЙ ПОДХОД КАК МЕТОД ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ДЕФИЦИТЕ ОБЪЕКТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ

¹Лаптёнок С.А., ¹Хорева С.А., ¹Басалай И.А., ¹Морзак Г.И., ¹Гордеева Л.Н., ²Минченко Е.М., ³Лукьянова М.Г.

¹ – Белорусский национальный технический университет

² – Государственное учреждение образования «Институт бизнеса и менеджмента технологий» БГУ

³ – Томский государственный университет, г. Томск,
Россия

В различных областях человеческой деятельности часто встречаются ситуации, когда значимость факторов,