

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ И МЕТАБОЛИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ

Ал. А. Евглевский, Г.Ф. Рыжкова, Е.П. Евглевская,
Н.В. Ванна, И.И. Михайлова, А.В. Денисова, Н.Ф. Ерыженская

Аннотация. Представлен теоретический анализ и перспективы научных исследований по коррекции метаболизма и улучшение фармакологических свойств лекарственных средств с применением янтарной кислоты.

Ключевые слова: янтарная кислота, сукцинаты, свободно-радикальные процессы.

Янтарь – один из самых древних драгоценных камней, известных человечеству. Во времена Римской империи, считая янтарь окаменевшем соком сосны, он получил, название «сукцидум» (succus - сок). Первые упоминания о лечебных свойствах янтаря и применении его в медицине принадлежат знаменитому врачу древности Гиппократу (460-370 г.г. до н.э.) В древние времена целебные свойства янтаря наделялись почти магической силой. В 17 веке путем перегонки янтаря была получена янтарная кислота. Это позволило начать поисковое исследование по изучению ее свойств и влияния на организм человека, животных и растений.

В ходе научных исследований установлено, что кислота, получившая от янтаря свое название, содержится не только в нем. Она присуща всему живому. Вырабатывается в клетках человека, животных, растений, отвечает за энергетический обмен. Во всех живых клетках – будь то клетки животных или растений - содержатся особые тельца размером в несколько микрон, которые названы митохондриями.

Именно в митохондриях происходит выработка янтарной кислоты и ее использование для последующих энергетических реакций. В митохондриях при достаточном кислородном обеспечении все органические кислоты сгорают с образованием АТФ - универсального энергетического топлива для всех видов синтеза в клетке.

Какие бы питательные вещества не потреблял организм человека и животных (белки, жиры, углеводы), все они в конечном итоге превращаются в органические кислоты цикла Кребса и затем окисляются до углекислого газа и воды. В обычной последовательности реакций в митохондриях (в цикл Кребса) янтарная кислота является одним из промежуточных соединений. Как показали исследования профессора института теоретической и экспериментальной биофизики Российской Академии наук М.Н. Кондрашовой (1971), энергетическая мощность процесса синтеза АТФ при окислении янтарной кислоты существенно выше, чем при окислении любого другого субстрата. Но не только высокая энергетическая мощность окисления янтарной кислоты позволяет отдать ей предпочтение перед другими субстратами. При любой достаточно интенсивной физической нагрузке развивается так называемая рабочая гипоксия, когда потребление кислорода в реакциях энергетического обмена превышает возможности его доставки к клеткам. Практически при всех заболеваниях сердечно-сосудистой системы, легких, множестве заболеваний крови, отравлениях, интоксикациях, применении средств химио-антибиотикотерапии, нарушается либо доставка, либо использование кислорода, вследствие чего развивается гипоксия. При гипоксии дыхательная цепь митохондрий не может принять на себя водород от какого-либо иного субстрата, кроме янтарной кислоты. При окислении органических кислот отщепляется водород. Этот водород с помощью ферментов переносится на кислород. Именно в реакции взаи-

модействия водорода с кислородом освобождается энергия. В этом случае окисление янтарной кислоты в митохондриях остается одним из немногих источников АТФ.

В экспериментах *in vitro* было показано, что применение сукцината приводит к приросту потребления кислорода тканями за счёт окисления добавленных субстратов до конечных продуктов - углекислоты, воды и тепла. Одна молекула добавленной к ткани янтарной кислоты обеспечивает окисление многих эндогенных субстратов. Таким образом, превращение янтарной кислоты в организме связано с продукцией энергии, необходимой для обеспечения жизнедеятельности. При возрастании нагрузки на любую из систем организма, поддержание его работы обеспечивается преимущественно за счет окисления янтарной кислоты. Мощность системы энергопродукции, использующей янтарную кислоту, в сотни раз превосходит все другие системы энергообразования организма (Кондрашова М.Н., 1971).

Для пополнения пула всех органических кислот цикла Кребса у человека достаточным оказалось экзогенное введение лишь одного сукцината, который является стимулятором синтеза восстановительных эквивалентов в клетке. Биологическое значение данного явления заключается в быстром ресинтезе клетками АТФ и в повышении их антиоксидантной резистентности.

Дополнительное поступление янтарной кислоты может существенно помочь жизнедеятельности организма при развитии гипоксического состояния. Та янтарная кислота, которая образуется в митохондриях, также моментально и сгорает, поэтому текущая — стационарная концентрация присутствующей в тканях янтарной кислоты - не превышает в каждый момент времени 10–20 мг/кг массы ткани и, как правило, из митохондрий не выходит. Вне митохондрий, вне клетки в кровотоке ее практически нет. Она появляется вне митохондрий во время тяжелого анаэробноза или при глубокой гипоксии в каком-то участке ткани. В таких случаях рецепторные управляющие системы организма оценивают появление в кровотоке янтарной кислоты как сигнал о том, что в каком-то участке тела не хватает энергетических ресурсов или имеется кислородное голодание. Соответственно, организм реагирует на этот сигнал сдвигами в нейроэндокринной, гормональной регуляции, улучшением периферического кровотока, повышением силы сердечных сокращений, облегчением отдачи кислорода оксигемоглобином и рядом других физиологических и биохимических компенсаторных реакций. Это реакции мобилизации энергетического обмена. Аналогичная реакция организма проявляется и при экзогенном введении янтарной кислоты. И происходит она не в ответ на реально наступивший гипоксический энергетический дефицит, а на сигнал о том, что, возможно, он имеет место.

Янтарная кислота активно вырабатывается в клетках живого организма. Здоровому организму хватает сукцинатов, которые он синтезирует или усваивает из пищи. Однако в результате влияния неблагоприятных факторов, в частности при интенсивной физической нагрузке, стрессах, появляется напряжение в метаболических процессах, затраты янтарной кислоты увеличиваются, развивается ее дефицит. Как известно, устойчивость организма к воздействию различных неблагоприятных факторов во многом зависит от скорости и своевременности образования митохондриями АТФ. В таких случаях дополнительное (экзогенное) поступле-