

сравнению как со здоровыми, так и не получавшими лечения крысами (на 23,0% и 133,2% соответственно; $p < 0,05$ для обоих случаев).

Установлено, что у животных с термической травмой имело место выраженное нарастание концентрации малонового диальдегида по сравнению с уровнем, характерным для здоровых крыс (+103,1%; $p < 0,05$). В остальных группах наблюдали более низкую концентрацию метаболита относительно уровня животных контрольной группы ($p < 0,05$), при этом она статистически значимо превышала значения, характерные для интактных крыс, лишь при внутрибрюшинном введении раствора ДНКЖ (на 49,0%; $p < 0,05$).

Выводы. Продemonстрировано, что применение монооксида азота вне зависимости от формы введения обеспечивает условия для ускоренного и более полного купирования явлений окислительного стресса, индуцированных формированием ожоговой болезни в условиях экспериментальной модели. В то же время каждый из изученных режимов NO-терапии имеет свои характерные особенности: ингаляционный вариант оказывает наиболее оптимальное влияние на протеом биосреды, применение физиологического донора соединения в максимальной степени нормализует органо-минеральный гомеостаз, а их комбинация позволяет достичь наиболее существенной стимуляции антиоксидантных систем плазмы крови животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности функционально-метаболической адаптации организма в условиях травматического стресса / А. К. Мартусевич, А. Г. Соловьева, А. А. Мартусевич, П. В. Перетягин // Медицинский альманах. – 2012. – № 5. – С. 175-178.
2. Jeschke, M. G. Burns in children: standard and new treatments / M. G. Jeschke, D. N. Herndon // Lancet. – 2014. – Vol. 383, № 9923. – P. 1168-1178.
3. The pathogenesis of burn wound conversion / V. Singh, L. Devgan, S. Bhat, S. M. Milner // Ann Plast Surg. – 2007. – Vol. 59, № 1. – P. 109-115.

КОНЦЕПЦИЯ «УНИВЕРСАЛЬНОГО БИОХИМИЧЕСКОГО СЕНСОРА» В РЕЦЕПЦИИ СИГНАЛОВ, ИНДУЦИРОВАННЫХ БИОРАДИКАЛАМИ (НА ПРИМЕРЕ ХОЛОДНОЙ АТМОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ)

Мартусевич А. К.^{1,2}, Каширина А. О.¹, Соловьева А. Г.¹

¹Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского

²Нижегородский государственный агротехнологический университет
имени Л. Я. Флорентьева
Нижний Новгород, Россия

Введение. Многочисленные исследования в области плазменной биомедицины показывают, что воздействие холодной плазмы на клетки, ткани и организм опосредовано образованием активных форм кислорода и азота.

Среди них перекись водорода, гидроксильный радикал, озон, синглетный кислород, супероксид-анионный радикал, атомарный кислород, монооксид азота, пероксинитрит, нитрит и другие [1, 2]. Эти соединения обычно подразделяются на короткоживущие и долгоживущие, при этом в пул последних входят также окисленные формы белков, ДНК и липопротеинов. Однако долгое время вопрос о конкретном участии каждого из этих изданий оставался открытым.

Согласно литературным данным, центральным звеном метаболической сенсорной системы – биосенсора для холодной плазмы является перекись водорода, которая опосредует многие другие внешние воздействия на клетку. С другой стороны, другие исследователи сообщали о значительной роли атомарного кислорода, синглетного кислорода, озона, гипохлорита и других химически активных молекул в реализации эффектов холодной плазмы. Такое разнообразие мнений обусловлено, на наш взгляд, появлением всех возможных активных форм кислорода и азота при обработке биологических объектов холодной плазмой и их интеграцией в единый молекулярный каскад. Анализ физико-химических основ этого многогранного процесса позволил нам сформировать интегральную схему восприятия клеткой излучения плазмы и передачи этого сигнала различным внутриклеточным структурам, включая молекулы ДНК и белки (рисунок 1).

Цель. Изучение наличия и особенностей окислительного стресса у спортсменов в сравнении с не тренирующимися людьми с помощью современных методов биохимической диагностики.

Результаты и их обсуждение. Воздействие холодной плазмы, которая вносит энергию в биосистему для ионизации эндогенных молекул, в гетерогенной среде приводит к образованию широкого спектра активных форм кислорода (верхняя ветвь схемы), основными представителями которых являются в данном случае это гидроксильный радикал, озон и синглетный кислород (рисунок 1).

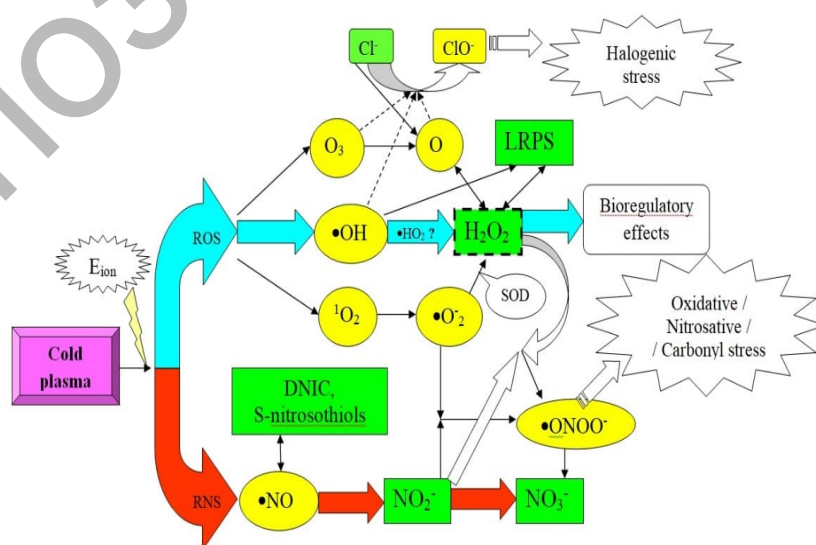


Рисунок 1 – Молекулярные каскады, индуцированные холодной плазмой

Озон разлагается с образованием атомарного кислорода, гидроксильный радикал димеризуется в перекись водорода (в качестве промежуточной стадии этого процесса может происходить образование гидроксония), а синглетный кислород образует супероксидный радикал. Кроме того, атомарный кислород способен окислять галогениды (в частности, Cl^-) до их кислородсодержащих производных (ClO^- , соответственно, которые могут создавать напряжение галогенирования) или взаимодействовать с водой с образованием перекиси водорода. Интересно, что второй процесс может быть обратимым. Известно, что озон также обладает способностью насыщать кислородом галогениды. В свою очередь, супероксид-анион-радикал под действием супероксиддисмутазы также превращается в H_2O_2 . Таким образом, весь каскад АФК-зависимых реакций объединяется в единую точку – относительно стабильную перекись водорода. В то же время долгоживущие активные формы белков могут выступать в качестве своеобразного депо для этого соединения. На наш взгляд, именно перекись водорода обеспечивает реализацию биорегуляторного эффекта холодной плазмы.

Вторая ветвь молекулярного сенсора для холодной плазмы связана с образованием активных форм азота и запускается за счет образования наиболее универсального из них – оксида азота, который может накапливаться в виде эндогенных осаждающих соединений (S-нитрозотиолов, динитрозил железа комплексы с различными лигандами – глутатионом, серином или белком). Вторым, более предпочтительным сценарием является образование нитрита из NO , который, взаимодействуя с супероксид-анионом или пероксидом водорода, обеспечивает синтез пероксинитрита, обладающего высоким окислительным потенциалом и, вероятно, реализующего токсические эффекты холодной плазмы. Это создает условия для развития, индуцированного плазмой окислительного, азотистого или карбонилирующего стресса. Наконец, как нитрит, так и пероксинитрит могут быть преобразованы в стабильные и низкоактивные нитрат-ионы, что можно рассматривать как конечную точку процесса.

Выводы. Установлено, что обработка биологических объектов холодной плазмой, активируя специфические молекулярные механизмы, обеспечивает трансформацию функционирования клеток и тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cold Argon Atmospheric Plasma for Biomedicine: Biological Effects, Applications and Possibilities / A. K. Martusevich, A. V. Surovegina, I. V. Bocharin [et al.] // Antioxidants. – 2022. – Vol. 11, № 7. – Art. 1262.
2. Some Beneficial Effects of Inert Gases on Blood Oxidative Metabolism: In Vivo Study / A. Martusevich, A. Surovegina, A. Popovicheva [et al.] // BioMed Research International. – 2022. – Vol. 2022. – Art. 5857979.