

А.А. Агапочкин, И.Х. Измайлов, О.Г. Макеев,
С.В. Костюкова, А.В. Коротков

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
В ОПИСАНИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РЕЦЕПТОРНОМ
АППАРАТЕ КЛЕТКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ (ЭМП)**

*Кафедра патологической физиологии,
Лаборатория радиоизотопных методов ЦНИЛ*

В настоящее время не вызывает сомнения то, что ЭМП оказывает влияние на весь организм, хотя механизм этого воздействия остается не вполне понятен. Для интерпретации механизма существует несколько равнодоказательных теорий, среди которых на наш взгляд наибольшее внимание заслуживает построение через клеточные сигнальные системы, реализуемые посредством межклеточных или межсинаптических пространств.

Клеточная популяция содержит возбуждающие структуры, которые испускают положительный раздражитель, и тормозящие структуры, которые испускают отрицательный раздражитель. Клетка возбуждается тогда, когда сумма полученных раздражителей превысит некоторое пороговое значение. После возбуждения он находится в неактивном состоянии в течении некоторого периода времени – рефрактерности, даже если сумма полученных раздражителей превысит пороговое значение.

Для математического моделирования нервной ткани мозга Уилсон и Коуен (Biophysical J., 1972, 12, P. 1) построили динамические уравнения популяций тормозящих возбуждающих структур.

Для пространственно распределенных популяций получена система нелинейных дифференциальных уравнений, которые исследуются численными методами и методами фазовой плоскости:

$$\begin{aligned} E + \tau \frac{dE}{dt} &= (k - rE)F(cE - gI + P) \Big|_e \\ I + \tau \frac{dI}{dt} &= (k - rI)F(cE - gI + Q) \Big|_i \end{aligned}$$

где E – скорость возбуждения структур, I – скорость возбуждения тормозящих структур; коэффициенты относительно постоянны, представля-

ют среднее число межклеточных связей и их характерологические особенности: τ – «сигнальное» запаздывание, k примерно равно 1, r – период невосприимчивости; P , Q – внешнее возбуждение.

Обнаружено, что складки в стационарных решениях вызывают явление многократного гистерезиса; в то же время наблюдаются предельные циклы (моделирующие ритмы ткани), в которых частота колебания является монотонной функцией интенсивности раздражителя. Обобщение этой работы, учитывающее пространственное распределение клеток, имеется в работе Уилсона (1974).

Уилсон и Коуэн показали, что рассмотренная модель может обнаруживать затухающие колебания в ответ на импульсное внешнее воздействие. Более того, при некоторых условиях внешних воздействий (например, при Q равном нулю, и P , равном некоторому постоянному значению) и при соответствующем «выборе коэффициентов» можно обнаружить устойчивый предельный цикл, как показано в двумерном фазовом пространстве (E, I) . Эти предельные циклы, возникающие в модели Уилсона-Коуэна, обеспечивают конкретную физиологическую основу для изучения энергетических ритмов.

Вместе с тем, в большинстве проводимых исследований изучающих воздействие импульсных ЭМП, регламентируются лишь параметры воздействующего поля и не учитывается возможность изменения значений «коэффициентов», определяющих количественные и качественные особенности структур с трансрецепторной передачей возбуждения.

В нашей работе с использованием радиоактивно меченых метаболитов было показано, что существует высокая зависимость связывания различных веществ с рецепторами на мембранах клеток от воздействия на клетку импульсного ЭМП или от облучения клеток ионизирующим излучением. В проведенных исследованиях была использована культура клеток миелокарицитов из костного мозга мышей на которой исследовалось общее связывание с мембранами клеток следующих меченых соединений: 3H -холестерина, 3H -адреналина, 3H -арахидоновой кислоты, 3H -дигомо- γ -линоленовой кислоты, 3H -ПГ E_2 . Дополнительно оценивался транспорт меченого 3H -тимидина через мембрану.

На рисунке 1 представлены полученные результаты в виде диаграммы. Продемонстрировано (в %) снижение связывания меченых соединений с рецепторами клеточной мембраны миелокарицитов мышей относи-

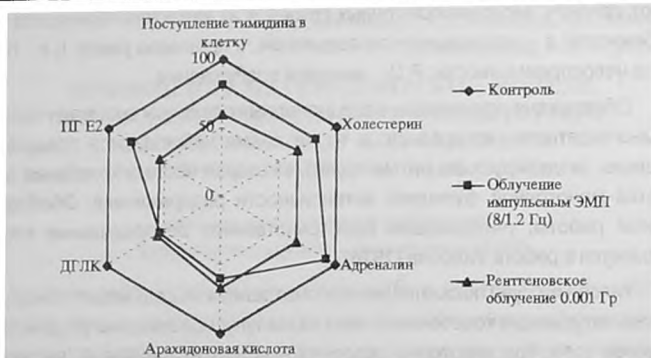


Рисунок 1. Степень снижения связывания меченых веществ с рецепторами клеточных мембран миелокарицитов после внешнего воздействия на культуру клеток (в процентном отношении от контроля).

только контрольных значений и поступления меченого тимидина в клетку при воздействии как импульсного сложномодулированного ЭМП с частотой 8/1.2 Гц, а так же и низкоинтенсивного рентгеновского облучения в суммарной дозе облучения 0.001 Гр.

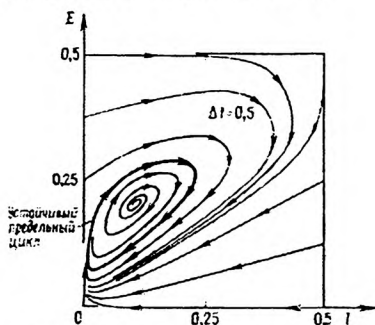


Рисунок 2. Устойчивый предельный цикл в фазовом пространстве (E, I).

Одновременно происходит соответствующее уменьшение поступления в миелокарициты тимидина при воздействии ЭМП – на 20% и ионизирующего излучения в малой дозе – на 40%.

Используя полученные числовые значения ($\tau_s=8$, $\tau_r=8$, $k=1$, $r=1$, $c_s=16$, $c_r=15$, $g_s=12$, $g_r=3$, $P=1.25$, $Q=0$) в ранее описанной математической

При воздействии ЭМП и в большей степени при воздействии ионизирующего излучения в малой дозе для всех использованных веществ наблюдается общая тенденция снижения связывания их с рецепторами на клеточной мембране в среднем на 25% для ЭМП и на 40% для ионизирующего

модели можно в графическом виде получить изображения затухающего колебательного процесса, возникающего в ткани под влиянием внешнего электромагнитного воздействия (Рис 2).

Таким образом, экспериментально доказано, что импульсное ЭМП (низкочастотное) и рентгеновское излучение (высокочастотное ЭМП) оказывает влияние на мембраны клеток и их рецепторный аппарат. Поэтому при исследовании влияния ЭМП на клеточную активность становится крайне важным учитывать важный показатель изменения скорости передачи сигналов через межклеточные пространства, другими словами учитывать чувствительность рецепторов к лигандам.

Ю.А. Агафонов, С.В. Казанцева

**ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ
ПРИ ВЫПУСКЕ РАФИНИРОВАННОЙ МЕДИ
НА СОСТОЯНИЕ МЕСТНОГО ИММУНИТЕТА
ПОЛОСТИ РТА**

*Кафедра терапевтической стоматологии,
Лаборатория иммунологии ЦНИЛ*

Возникновение почти всех заболеваний у человека определяется взаимодействием организма с факторами внешней среды. Одним из значимых биологических факторов, оказывающих неблагоприятное влияние на организм, являются продукты производства в горно-металлургической промышленности. Среди предприятий металлургической отрасли ведущее место занимает выпуск цветных металлов. Значительный удельный вес в общем объеме производства цветных металлов составляет получение меди.

Среди вредных для организма человека производственных факторов при получении товарной (черновой) меди и её рафинированием (очистка от примесей) преобладают пылевые аэрозоли, газы, соединения тяжелых металлов и полиметаллов – селен, теллур, медь, никель, свинец. Концентрация этих веществ в ряде рабочих мест превышает ПДК в 4-10 раз [3].