

## ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ОПТИЧЕСКОГО И РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНОВ ДЛИН ВОЛН НА МИКРООРГАНИЗМЫ С. DIPHThERIAE И РОДА BORDETELLA

Грабина В.А., Манина Ж.Н., \*Бирюкова С.В.,  
\*Колоколова О.Б., Коробов А.М., \*Подаваленко А.П.

Научно-исследовательская лаборатория квантовой биологии и квантовой медицины  
Харьковского национального университета имени В.Н.Каразина,  
61022 Украина, г. Харьков, майдан Свободы, 6,  
тел.: +38(057)761-63-09, e-mail: lblm@univer.kharkov.ua;  
\*Харьковская медицинская академия последипломного образования  
61176 Украина, г. Харьков, ул. Корчагинцев, 58,  
тел.: +38(057)711-80-36, e-mail: epid@ukr.net

*Изучено влияние воздействия лазерного и радиочастотного (миллиметровые волны) облучения на адгезивную и гемолитическую активность токсигенных штаммов *S. diphtheriae*. После облучения возбудители дифтерии утрачивали один из признаков патогенности – адгезивность, при этом повышалась их гемолитическая активность.*

*Отмечены изменения в биохимической активности, серологических свойствах и антибиотикоустойчивости микробов рода *Bordetella* под влиянием красного и инфракрасного лазерного облучения. При этом увеличивалась чувствительность коклюшного микроба к цефалоспорином и пенициллинам и уменьшалась к макролидам.*

**Ключевые слова:** токсигенные штаммы *S. Diphtheria*, микробы рода *Bordetella*, низкоинтенсивное электромагнитное излучение оптического и радиочастотного диапазонов спектра.

### Введение

Общеизвестно, что биологические объекты, в том числе микроорганизмы, испытывают воздействие различных физико-химических факторов внешней среды, вызывающих те или иные реакции [3, 4]. Изучение результатов воздействия низкоинтенсивных электромагнитных полей на различные биологические системы представляет собой одно из актуальных направлений исследований в экологии, биологии и медицине [1]. По мнению ряда исследователей [10], низкоинтенсивные (неповреждающие) электромагнитные поля с различной длиной волны излучения способны существенно влиять на функциональное состояние живых клеток, тканей и организма в целом. Варьирование параметров электромагнитного воздействия может привести к изменению не только интенсивности ответной реакции биологической системы, но и к смене реакции на противоположную [2].

Известно, что в результате ускоренных эволюционных процессов [9, 11] происходит быстрое

формирование изменчивости возбудителей дифтерии и коклюша. Это приводит к эпидемическим подъемам заболеваемости, снижению эффективности иммунизации, регистрации тяжелых случаев заболеваний среди привитых [6, 12, 13]. Если микроорганизмы, в том числе возбудители инфекционных заболеваний, могут проявлять чувствительность к воздействию низкоинтенсивных электромагнитных полей, то изучение влияния последних на биологические свойства микроорганизмов-возбудителей инфекционных заболеваний откроет перспективы повышения эффективности профилактических и лечебных мероприятий.

Учитывая вышеизложенное, целью настоящего исследования стало изучение в эксперименте *in vitro* изменчивости микроорганизмов *Corynebacterium diphtheriae* (*C. diphtheriae*) и рода *Bordetella* (*B. pertussis*, *B. parapertussis*, *B. bronchiseptica*) под влиянием низкоинтенсивных электромагнитных полей оптического (красного участка спектра) и радиочастотного (миллиметровые волны) диапазонов длин волн.

### Материалы и методы

Для изучения влияния низкоинтенсивных электромагнитных полей на биологические свойства, ответственные за функциональную активность микробных клеток, использовали 40 токсигенных штаммов *C. diphtheriae* (варианты *gravis* – 25 и *mitis* – 15) и 20 штаммов рода *Bordetella* (*B. pertussis* – 10, *B. parapertussis* – 6, *B. bronchiseptica* – 4). Культуры *C. diphtheriae* были выделены от больных и носителей, причем среди носителей были лица с острыми и хроническими поражениями носоглотки.

Для облучения культур *C. diphtheriae* использовали непрерывное красное излучение гелий-неонового лазера типа ЛГ-75 (длина волны 633 нм, мощность 25 мВт) и полупроводникового лазера (длина волны 670 нм, мощность 25 мВт). На культуры воздействовали трехкратно обоими видами лазерного излучения (каждым лазером облучали свой образец) с экспозициями от 1 до 10 минут. Также проводилось облучение дифтерийных культур рубиновым лазером типа ГОР-0,2 (длина волны 694,3 нм) в импульсном режиме с такими же экспозициями.

Облучение культур электромагнитным излучением миллиметрового диапазона волн проводилось на фиксированной частоте (35,1 ГГц), используемой в процедурах МРТ. Поверхностная плотность мощности излучения составила 10 мВт/см<sup>2</sup>.

При изучении адгезивных свойств дифтерийных культур с помощью методики Брилиса В.И. (1985) установили, что штаммы *C. diphtheriae*, выделенные от практически здоровых носителей, были среднеадгезивными (индекс адгезивности микроорганизмов составил 1,8-2,5), а штаммы, выделенные от больных и носителей с острыми и хроническими поражениями носоглотки – высокоадгезивными (индекс адгезивности - 2,5-4,0). Изучение гемолитической активности дифтерийных культур проводилось по методике Никитина В.М. (1986).

Биохимическую активность и антибиотико-чувствительность микробов рода *Bordetella* изучали после воздействия красным излучением вышеуказанного полупроводникового лазера (длина волны 670 нм) и инфракрасным излучением аппарата «Милта» (длина волны 890 нм, частота импульсов 1000 Гц, мощность в импульсе 5 Вт). Экспозиция в обоих случаях составляла 5 минут.

Определение чувствительности микробов рода *Bordetella* к антибиотикам (эритромицину, ампициллину, тетрациклину, сизомицину, цефалексину, цефотаксиму, азитромицину, цефоперазону, гентамицину и левомицетину) проводили

диско-диффузионным методом с помощью стандартных дисков до и после облучения.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программы Microsoft Office Excel 2007.

### Результаты и обсуждение

Оценка результатов облучения волнами оптического и миллиметрового диапазонов на адгезивную и ферментативную активность *C. diphtheriae* показала, что оба вида излучения оказывали существенное влияние на биологические свойства этого микроорганизма. Так, после воздействия как красного лазерного, так и миллиметрового излучения, все изучаемые культуры *C. diphtheriae* утрачивали способность к адгезии уже после 1-2 минут облучения.

Оба вида излучения изменяли гемолитическую активность *C. diphtheriae*. Так, гемолитическая активность повысилась у 22 штаммов (55±7,8%). Уже после пятиминутного облучения 14 штаммов (36,2±7,5%) *C. diphtheriae* утрачивали фермент цистиназу, но через 1-2 пассажа штаммов на 5% кровяном агаре активность этого фермента восстанавливалась. Все изученные в данном эксперименте токсигенные штаммы *C. diphtheriae* после воздействия красным лазерным и миллиметровым излучениями продолжали продуцировать токсин и не обладали уреазной активностью независимо от времени экспозиции [7].

Полученные данные свидетельствуют о том, что электромагнитные поля оптического (красного и инфракрасного участков спектра) и радиочастотного (миллиметровые волны) диапазонов длин волн оказывают определенное влияние на отдельные ферментативные активности возбудителя дифтерии и на его адгезивность. Можно предположить, что сохранение вновь приобретенного биологического эффекта требует определенного числа сеансов облучения, при котором изменившийся признак закрепляется на продолжительное время.

Изучение биохимической активности ключевых штаммов не выявило существенных изменений свойств микроорганизмов после воздействия красным и инфракрасным лазерным излучением с вышеуказанными параметрами.

Более существенное влияние этих факторов отмечено при воздействии на микробы *B. bronchiseptica*, что проявлялось в утрате способности последних продуцировать фермент уреазу.

Некоторые штаммы *B. parapertussis* приобрели подвижность после воздействия и красным, и инфракрасным лазерным излучением, а другие

штаммы проявляли эту способность только в первом случае.

Серологическое типирование показало, что воздействие красным и инфракрасным лазерным излучением в течение 5 минут не меняло факторный состав коклюшных штаммов. Вместе с тем, отдельные штаммы *B. parapertussis* приобретали способность агглютинировать с 1-м видовым фактором *B. pertussis* [5].

Результаты изучения антибиотикочувствительности исследуемых штаммов рода *Bordetella* показали, что штаммы коклюшного микроба были наиболее чувствительны к цефотаксиму, эритромицину и азитромицину. Несмотря на длительное использование для лечения коклюша таких антибиотиков, как эритромицин, ампициллин и тетрациклин, выделенные от больных штаммы сохраняли чувствительность к этим препаратам. Циркулирующие штаммы *B. parapertussis* по своей чувствительности к антибиотикам практически не отличались от *B. pertussis* и были чувствительны к эритромицину, сизомицину, цефотаксиму. Наиболее эффективным по отношению к исходным штаммам *B. bronchiseptica* оказался цефаперазон, а менее активными были эритромицин и сизомицин.

После воздействия красного лазерного излучения заметно возросла чувствительность *B. pertussis* к цефалоспорином, аминогликозидам и макролидам. После воздействия инфракрасного лазерного излучения увеличивалась чувствительность *B. pertussis* к цефалоспорином и пенициллинам, и несколько уменьшалась – к макролидам. При исследовании изменения свойств *B. parapertussis* было выявлено следующее: красное лазерное излучение уменьшало их чувствительность к пенициллинам, а инфракрасное – к пенициллинам и макролидам; оба вида воздействия способствовали повышению чувствительности

штаммов к цефалоспорином. После воздействия инфракрасным излучением повышалась чувствительность микробов *B. bronchiseptica* к цефотаксиму, гентамицину и левомицетину.

Таким образом, определение антибиотикочувствительности циркулирующих штаммов микробов рода *Bordetella* до и после воздействия красным и инфракрасным лазерным излучением показало, что наиболее активными к микроорганизмам рода *Bordetella* были цефотаксим, эритромицин и сизомицин [8].

### Выводы

1. Под влиянием воздействия как лазерного, так и миллиметрового излучения изменялись некоторые свойства токсигенных штаммов *C. diphtheriae*. Так, все изучаемые дифтерийные культуры утрачивали один из признаков патогенности – адгезивность, а у 55% штаммов повышалась гемолитическая активность.

2. Под влиянием красного и инфракрасного лазерного излучения отмечены некоторые изменения в биохимической активности и серологических свойствах *B. bronchiseptica* и *B. parapertussis*; свойства возбудителя коклюша при этом практически не изменялись. Действие лазерного излучения изменяло антибиотикочувствительность микробов рода *Bordetella*. Возрастала чувствительность коклюшного микроба к цефалоспорином и пенициллинам и несколько уменьшалась к макролидам.

3. Результаты проведенного исследования подтверждают необходимость постановки дальнейших экспериментов, направленных на выбор режимов воздействия низкоинтенсивными электромагнитными полями, при которых выявленные изменения свойств изучаемых микроорганизмов закреплялись бы на длительный период времени.

### Литература

1. Барышев М.Г. Электромагнитное поле как причина инфекционных болезней / М.Г.Барышев, Н.С.Васильев // Успехи современного естествознания.– 2006.– №6.– С.65-66.
2. Бурлакова Е.Б. Сверхслабые воздействия химических соединений и физических факторов на биологические системы / Е.Б.Бурлакова, А.А.Конразов, Е.Л.Мальцев // Биофизика.– 2004.– Т.49 – Вып.3.– С.551-564.
3. Гаркуша О.М. Закономерности влияния низкоинтенсивного электромагнитного излучения на биологические системы / О.М.Гаркуша, Р.В.Мазуренко, С.Н.Махно, П.П.Горбик // Поверхность.– 2010.– Вып.2.– С.340-354.
4. Ковалева А.В. Влияние электромагнитных полей и излучений на биообъекты // Актуальні питання біології, екології, та хімії.– 2009.– Т.1, №1.– С.64-85.
5. Колоколова О.Б. Формування гетерогенних популяцій мікробів кашлюка під впливом деяких фізичних факторів / О.Б.Колоколова, Л.Г.Везуб, О.П.Зиміна // Дитячі інфекції.– Київ, 1998.– Вип.24.– С.81-82.
6. Краева Л.А. Особенности биологических свойств *Corynebacterium diphtheriae*, циркулирующих в постэпидемический период / Л.А.Краева, Г.Я.Ценева // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии.– 2009.– №3.– С.3-6.
7. Манина Ж.Н. Влияние импульсного низкоэнергетического лазерного излучения на токсигенез коринебактерий дифтерии и серологическую однородность микробов коклюша / В.Г.Шахбазов, В.А.Грабина, Л.Г.Везуб и др. // Материалы VII Международной

конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» (Ялта, 24-30 октября 1996 г.).- Харьков, 1996.- С.71-72.

8. Манина Ж.Н. Изменение антибиотикочувствительности микробов рода *Bordetella* под влиянием лазерного и магнито-инфракрасного лазерного излучения / Ж.Н.Манина, О.Б.Колоколова, С.В.Бирюкова и др. // Фотобіологія та фотомедицина.- 2001.- Т.IV.- №1,2.- С.47.

9. Миндлина А.Я. Направление оптимизации эпидемиологического надзора за антропонозными инфекциями в современных условиях // Эпидемиология и вакцинопрофилактика.- 2013.- №3.- С.17-22.

10. Монич В.А. Особенности воздействия низкоинтенсивных электромагнитных излучений различ-

ных диапазонов на микроорганизмы / В.А.Монич, С.А.Малиновская, Т.В.Махрова, Д.С.Малиновский // Вестник Нижегородского университета им. Н.И.Лобачевского.- 2010.- №2.- С.435-438.

11. Фролов А.Ф. Современное состояние эпидемиологии и тенденции ее эволюции / А.Ф.Фролов, В.И.Задорожная // Епідеміологія, гігієна, інфекційні хвороби.- 2011.- №3.- С.5-14.

12. Kallonen T. *Bordetella pertussis* strain variation and evolution postvaccination / T.Kallonen, Q.He // Expert. Rev. Vac.- 2009.- Vol.8, №7.- P.863-875.

13. Mool F.R. *Bordetella pertussis* strains with increased toxin production associated with pertussis resurgence / F.R.Mool, I.H. van Loo, M. van Gent et al. // Emerg. Infect. Dis.- 2009.- Vol.15, №8.- P.1206-1213.

**ВПЛИВ НИЗЬКОІНТЕНСИВНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ  
ОПТИЧНОГО ТА РАДІОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНІВ ДОВЖИНИ ХВИЛЬ  
НА МІКРООРГАНІЗМИ *C. DIPHTHERIAE* ТА РОДУ *BORDETELLA***

Грабіна В.А.,<sup>1</sup>Манина Ж.М.,<sup>1</sup>Бірюкова С.В.,<sup>1</sup>Колоколова О.Б., Коробов А.М.,<sup>1</sup>Подалваленко А.П.

Науково-дослідна лабораторія квантової біології та квантової медицини  
Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна,

61022 Україна, м. Харків, майдан Свободи, 6,

тел.: +38(057)761-63-09, e-mail: lblm@univer.kharkov.ua;

<sup>1</sup>Харківська медична академія післядипломної освіти

61176 Україна, м. Харків, вул. Корчагинців, 58,

тел.: +38(057)711-80-36, e-mail: epid@ukr.net

Вивчений вплив лазерного та радіочастотного (міліметрові хвилі) опромінення на адгезивну та гемолітичну активність токсигенних штамів *C. diphtheriae*. Після опромінення збудники дифтерії втрачали одну із ознак патогенності – адгезивність, при цьому підвищувалася їхня гемолітична активність.

Спостерігалися зміни біохімічної активності, серологічних властивостей та антибіотикочутливості микробів роду *Bordetella* під впливом червоного та інфрачервоного лазерного випромінювання. При цьому зростала чутливість микробів кашлюка до цефалоспоринів та пеніцилінів і зменшувалась до макролідів.

**Ключові слова:** штами *C. Diphtheria*, микроби роду *Bordetella*, низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання оптичного і радіочастотного діапазону спектру.

**THE INFLUENCE OF LOW INTENSIVE ELECTROMAGNETIC FIELDS  
OF OPTICAL AND RADIOFREQUENCY WAVELENGTH RANGE  
ON MICROORGANISMS *C. DIPHTHERIAE* AND *BORDETELLA* GENUS**

Grabina V.A.,<sup>1</sup>Manina J.N.,<sup>1</sup>Biryukova S.V.,<sup>1</sup>Kolokolova O.B., Korobov A.M.,<sup>1</sup>Podavalenko A.P.

Kharkov National University, Research Laboratory of Quantum Biology and Quantum Medicine,

61077 Ukraine, Kharkov, Maidan Svobody, 6,

tel.: +38(057)761-63-09; e-mail: lblm@univer.kharkov.ua;

<sup>1</sup>Kharkov Medical Academy of Postgraduate Education,

61077 Ukraine, Kharkov, Korchaginsev Str., 58,

tel.: +38(057)711-80-36, e-mail: epid@ukr.net

The influence of laser and millimetric waves irradiation on adhesive and haemolytic activity of the toxigenic strains of *C. diphtheriae* was studied. Causative agents of diphtheria lost one of pathogenicity signs – the adhesiveness, whereas their haemolytic activity increased.

The changes of biochemical activity, serologic properties and sensibility to the antibiotics of microbes of *Bordetella*'s genus under influence red and infrared laser radiation are noted. The sensibility of microbes of whooping-cough to cephalosporines and penicillines increased, and the sensibility to macrolides decreased.

**Keywords:** strains of *C. Diphtheria*, bacteria of the genus *Bordetella*, low intensive electromagnetic radiation of optical and radio frequency ranges of the spectrum.