

мента путем декапитации, забирали опухоль гистологического исследования.

Результаты. При введении экстрактов аврана и бессмертника отмечали значительное замедление темпов роста опухоли, при гистологическом исследовании наблюдали некроз опухоли, замещение соединительной тканью, что подтверждалось окраской по Зербино (ОКГ). Но следует отметить, что замедление темпов роста опухоли было более выраженным при введении экстракта аврана, несмотря на меньшую дозировку по сравнению с экстрактом бессмертника. При анализе динамики массы тела (с вычетом массы опухоли) животные группы сравнения потеряли в весе от начала эксперимента. При введении экстракта аврана крысы не только сохранили исходную массу, а даже начали набирать ее. При введении экстракта бессмертника животные набрали более чем на 20 % от массы тела до эксперимента даже с вычетом массы опухоли на конец эксперимента.

Заключение. Исследованные флавоноидсодержащие экстракты обладают противоопухолевой и антикахексической активностью, при этом если экстракт аврана вызывает более выраженное замедление темпов роста опухоли, то экстракт бессмертника эффективнее препятствует развитию кахексии.

*М.Е. Неганова¹, П.А. Тараканов¹, Е.Н. Тараканова¹,
О.М. Редкозубова¹, Е.Ф. Шевцова¹, Е.В. Давыдов²,
Д.В. Мищенко³*

ИССЛЕДОВАНИЕ ИФОТОТОКСИЧНОСТИ НОВЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МОЛЕКУЛ ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ – 5,7-БИС(СТИРИЛ)-1,4-ДИАЗЕПИНОПОРФИРАЗИНОВ

¹ФГБУН ИФАВ РАН, Черноголовка, Московская область;

²Ветеринарная клиника «Велес-Текстильщики»,
«Россолимо», Москва;

³ИИХФ РАН, Черноголовка, Московская область

Введение. В настоящее время одним из активно развивающихся подходов к лечению онкологических заболеваний является фотодинамическая терапия (ФДТ). Основным преимуществом данного метода является снижение токсического эффекта на организм за счет локального воздействия. При этом успех ФДТ в значительной степени определяется выбором фотосенсибилизатора. Диазепинопорфиразины являются перспективными молекулами для ФДТ благодаря высокому коэффициенту молярного поглощения в ближнем инфракрасном диапазоне (700 нм и выше), возможности легкого введения в структуру таргетных группировок для адресной доставки и способности к эффективной генерации синглетного кислорода.

Цель исследования – оценка фототоксичности 5,7-бис(стирил)-1,4-дiazепинопорфиразинов *in vitro*.

Материалы и методы. Исследования выполнены на экспериментальной модели рака молочной железы человека (клеточная линия MCF-7). Облучение проводили с использованием фототерапевтического светодиодного аппарата «АФС» (длина волны 667 нм, доза облучения 7 Дж/см²).

Результаты. Показана зависимость фототоксических свойств 5,7-бис(стирил)-1,4-дiazепинопорфиразинов от способности к агрегации, квантового выхода синглетного кис-

лорода и металла-комплексобразователя. Искаженная структура 1,4-дiazепинового гетероцикла препятствует формированию фотофизически неактивных агрегатов при переходе из липофильных в гидрофильные среды, что позволяет эффективно использовать как липосомальные, так и мицеллярные формы. При переходе от Mg (II)-к Zn (II)-комплексу diaзепинопорфиразина не проявился спин-орбитальный эффект тяжелого атома, приводящий к увеличению квантового выхода синглетного кислорода. Однако фототоксичность Zn (II)-комплекса оказалась значительно выше. Следует отметить, что все исследуемые соединения не проявили темновой токсичности в концентрациях до 1×10^{-5} М.

Заключение. Таким образом, изученные 5,7-бис-(стирил)-1,4-дiazепинопорфиразины могут выступать в качестве основы для создания эффективных фотосенсибилизаторов для ФДТ.

*Е.Р. Немцова, О.А. Безбородова, Н.Б. Морозова,
Ю.Б. Венедиктова, Т.Н. Андреева, Е.И. Нестерова,
Т.М. Андропова, Р.И. Якубовская*

ДОКЛИНИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ИММУНОМОДУЛЯТОРА N-АЦЕТИЛГЛЮКОЗАМИНИЛ-N-АЦЕТИЛМУРАМИЛ-L- АЛАНИЛ-D-ГЛУТАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ

ФГБУ НМИРЦ Минздрава России, Москва

Введение. Работа посвящена экспериментальному изучению возможностей повышения терапевтической эффективности консервативного лечения больных со злокачественными новообразованиями путем использования иммуномодулирующего препарата на основе N-ацетилглюкозаминил-N-ацетилмурамил-L-аланил-D-глутаминовой кислоты (ГМДП-А) (ЗАО «Пептек»).

Цель исследования – оценка фармакологической активности ГМДП-А (противоопухолевое и модифицирующее действие), вводимой самостоятельно и в сочетании с противоопухолевыми препаратами.

Материалы и методы. Модели солидных опухолей: Р388, В16, S37, C26, АКАТОЛ, РШМ 5; модели асцитных вариантов опухолей S37 и Р388. Эффективность ГМДП-А оценивали в монотерапии и в сочетании с цисплатином (4 мг/кг – Р388, В16, S37, РШМ 5), фторурацилом (125 мг/кг – C26 и АКАТОЛ), гемзаром (120 мг/кг – Р388), и циклофосфаном (50 мг/кг – Р388). На моделях РШМ 5, АКАТОЛ и Р388 оценили влияние индивидуального и сочетанного (с цисплатином) лечения ГМДП-А при его введении в зону, близко расположенную к опухоли, и симметрично – на противоположной стороне тела мыши.

Результаты. Изучено влияние ГМДП-А в монорежиме и в сочетании с цитостатиками на развитие различных по гистогенезу опухолей у иммунокомпетентных мышей. Отмечена выраженная связь между гистологической формой опухоли и эффективностью воздействия ГМДП-А: при начале лечения через 24 ч после инокуляции опухоли наблюдалось слабо выраженное торможение роста опухолей (Р388 > В16 > РШМ 5) с тенденцией к увеличению эффективности ГМДП-А при пролонгации курса введения по торможению роста опухоли (ТРО), которое достигало 50–70 %. Не отмечено ТРО S37, C26 и АКАТОЛ ни при ка-

ких режимах и путях введения. ГМДП-А оказывала модифицирующее (усиливающее) действие в отношении терапевтической эффективности цисплатина, выраженность которого зависела от гистологической формы опухоли (P388 > B16 > S37 > РШМ 5), варианта роста опухоли, пути введения (эффективна при подкожном введении и солидной опухоли, неэффективна при внутрибрюшинном введении и асцитной опухоли) и длительности курса (эффективен более длительный курс). ГМДП-А проявляла выраженный модифицирующий эффект по ТРО и уровню продолжительности жизни на модели P388 в отношении гемзара и циклофосфана. Выявлено дистантное действие ГМДП-А, которое косвенно подтверждает иммунный механизм воздействия.

Заключение. ГМДП-А не обладает противоопухолевой активностью по критериям, принятым для оценки эффективности цитостатических препаратов. ГМДП-А проявляет модифицирующие свойства в отношении ряда цитостатических препаратов: цисплатина, гемзара и циклофосфана, что подтверждает его потенциал как модификатора биологических реакций. Препарат ГМДП-А может быть рекомендован для клинических испытаний при химиотерапии пациентов с онкогематологическими заболеваниями.

*М.В. Нехорошев, В.И. Рябушко,
С.Н. Железнова, Р.Г. Геворгиз*

КУЛЬТИВИРУЕМЫЕ ВОДОРОСЛИ – КОММЕРЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК АНТИОКСИДАНТОВ

ФГБУН «ИМБИ им. А.О. Ковалевского», Севастополь

Введение. Микроводоросли являются перспективным источником биологически активных веществ, таких как полиненасыщенные жирные кислоты, полисахариды, витамины, каротиноиды и др.

Материалы и методы. Среди многих видов водорослей особый интерес представляет *C. closterium* (Ehrenberg) Reimann & Lewin и *Spirulina (Arthrospira) platensis* (Nordst.) Geitl, поскольку обладают рядом уникальных свойств.

Результаты. Содержание фукоксантина (ФК) у *C. closterium* достигает 78 % от общего количества каротиноидов, что в пересчете на сухую массу составляет 1,7 %; содержание жирных кислот достигает 40 %, из них 22 % от общего содержания жирных кислот – полиненасыщенные жирные кислоты. Наибольшего внимания заслуживает ФК, который приводит к снижению уровня глюкозы в крови за счет участия в формировании докозагексаеновой кислоты. Большое количество публикаций посвящено исследованию ФК в области онкологии. Он значительно подавляет рост клеток лейкоза человека, рака предстательной железы и молочной железы. ФК получили в кристаллической форме из диатомовой водоросли *C. closterium* и затем охарактеризовали методами масс- и ядерной магнитно-резонансной спектроскопии. Соотношение транс- и цис-изомеров ФК, полученное после перекристаллизации из диэтилового эфира, составляло 95:4. В то же время после перекристаллизации ФК из хлористого метилена соотношение изомеров составляет 99:0,5.

Из филаментной планктонной цианобактерии *Spirulina platensis* выделен комплекс, состоящий из 2 каротиноидов:

муксола и осциллола. Содержание комплекса в спиролине достигает 0,76 % на сухую массу. Соотношение муксола и осциллола при этом составляет 62,7 %:27,2 %. Данные каротиноиды охарактеризованы UV–VIS FABMS HPLS и NMR. Комплекс получен без использования хроматографических методов и, по данным японских исследований, обладает высокой противоопухолевой активностью.

Заключение. Получили кристаллический ФК из диатомовой водоросли *C. closterium* и комплекс из *Spirulina platensis*, состоящий из 2 каротиноидов (муксола и осциллола) и белка.

И.А. Низова, А.Ю. Вигоров, Г.Л. Левит, В.П. Краснов

СИНТЕЗ КОНЬЮГАТОВ 2-АМИНОПУРИНА С RGD-ПЕПТИДОМ

ФГБУН «ИОС им. И.Я. Постовского УрО РАН», Екатеринбург

Введение. Пептиды, содержащие аминокислотную последовательность (S)-аргинил-глицил-(S)-аспарагиновая кислота (RGD-пептиды), проявляют специфическое взаимодействие с интегринами определенных классов – поверхностными рецепторами опухолевых клеток. Поэтому представляет интерес синтез соединений, содержащих фрагмент модифицированного азотистого основания и RGD-пептида в качестве молекулярного вектора как потенциальных противоопухолевых веществ.

Цель исследования – разработка метода синтеза *N*-(2-аминопурин-6-ил)глицил-(S)-аргинил-глицил-(S)-аспаргиновой кислоты.

Материалы и методы. Получены исходные соединения – диметилловый эфир (*N*⁶-2,2,4,6,7-пентаметилдигидробензофуран-5-сульфонил)-(S)-аргинил-глицил-(S)-аспарагиновой кислоты (*N*⁶-Pbf-Arg-Gly-Asp-(OMe)₂) и *N*-(2-ацетиламинопурин-6-ил) глицин. Строение и чистота целевых соединений подтверждены данными ¹H ядерной магнитно-резонансной спектроскопии (Bruker Avance 500), элементного анализа (Perkin Elmer PE 2400), HRMS (LCMS-2010 фирмы Shimadzu) и обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (Agilent 1100, колонка Phenomenex Luna C-18).

Результаты. Исследована реакция конденсации *N*⁶-Pbf-Arg-Gly-Asp-(OMe)₂ и *N*-(2-ацетиламинопурин-6-ил) глицина в различных условиях. Установлено, что оптимальными условиями, позволяющими получать конъюгат *N*-(2-ацетиламинопурин-6-ил)глицина с умеренными выходами, являются использование смеси растворителей диметилсульфоксида – диметилформамида в присутствии тетрафторобората *O*-(бензотриазол-1-ил)-*N,N,N'*-тетраметилуриона (TBTU) в качестве конденсирующего агента и *N,N*-диизопропилэтиламина в качестве третичного основания. Удаление защитных групп в полученном конъюгате осуществляли путем последовательных превращений: щелочного гидролиза (1М NaOH комнатной температуры) для удаления сложноэфирных и ацетильной защитных групп и обработки водным раствором трифторуксусной кислоты для удаления Pbf-защитной группы. В результате целевое соединение получено в виде трифторацетата.

Заключение. Разработан метод синтеза *N*-(2-аминопурин-6-ил)глицил-(S)-аргинил-глицил-(S)-аспаргино-