

ВЕСТНИК



Сибирского государственного
аэрокосмического университета
имени академика М. Ф. Решетнева

Выпуск 7 (40)

(Издание осуществляется при содействии
КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки
научной и научно-технической деятельности»)

Красноярск 2011

ВЕСТНИК

Сибирского государственного
аэрокосмического университета
имени академика М. Ф. Решетнева

Выпуск 7 (40)

Главный редактор

доктор технических наук
Ковалев И. В.

Заместители главного редактора:

доктор физико-математических наук
Логинов Ю. Ю.

доктор физико-математических наук
Сенашов С. И.

доктор технических наук
Михеев А. Е.

кандидат технических наук
Зеленков П. В. (отв. секретарь)

Редакционная коллегия:

Аплеснин С. С.
Головенкин Е. Н.
Ерыгин Ю. В.
Краев М. В.
Лаптенко В. Д.
Ловчиков А. Н.
Медведев А. В.
Москвичев В. В.
Сафонов К. В.
Смирнов Н. А.
Сомов В. Г.

Учредитель

Сибирский
государственный
аэрокосмический
университет
имени академика
М. Ф. Решетнева

К СВЕДЕНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ

«Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева» (Вестник СибГАУ) – межрегиональный научный журнал, содержащий результаты научных исследований в области естественных, технических и прикладных наук по вопросам проектирования, производства и эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники, а также экономики

Представленные в журнал статьи публикуются после обязательного рецензирования и при оформлении их в соответствии с требованиями редакции (www.vestnik.sibsau.ru)

Периодичность – 4 раза в год
Специальный выпуск – 1 раз в год

Электронная версия журнала представлена на сайте Научной электронной библиотеки (<http://www.elibrary.ru>) и сайте журнала (www.vestnik.sibsau.ru)

Журнал включен в каталоги:
русской прессы «Роспечать» (МАП) – 11399;
объединенный «Пресса России» – 39263

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева
Россия, 660014, Красноярск, проспект имени газеты
«Красноярский рабочий», 31, П-415
Тел./факс (391)291-90-19
E-mail: vestnik@sibsau.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охраны культурного наследия, свидетельство ПИ № ФС77-22189 от 27.10.2005 г.

Журнал включен ВАК России в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук»

При перепечатке или цитировании материалов из журнала «Вестник СибГАУ» ссылка обязательна

*Редакторы К. С. Мирошникова, О. А. Плехова,
Редактор английского текста А. Г. НИКИТИНА
Компьютерная верстка М. А. Белоусовой
Подп. в печать 28.11.2011. Формат 70×108/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Усл. печ. л. 30,0.
Уч.-изд. л. 40,0. Тираж 1000 экз. С 154/11. Заказ 87/125.
Редакционно-издательский отдел
Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та.
660014, г. Красноярск,
просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31.
Отпечатано в типографии ИП Суховольской Ю. П.
660125, г. Красноярск, ул. Водопьянова, 2.*

M. V. Rychkova, E. Yu. Fedorenko

PSYCHOLOGICAL FACTORS AND APPROACHES TO PROPHYLAXY OF ULTRA BEHAVIOR

The authors consider psychological risk factors of extremist behavior in the youth environment along with the basic approaches to its prophylaxy in educational instotutes.

Keywords: psychological risk factors, extremist behavior, deviation, teenage age, school space, prophylaxy.

© Рычкова М. В., Федоренко Е. Ю., 2011

УДК 612.017+616.23

А. А. Савченко, А. Г. Борисов, М. В. Сальников, В. Н. Кощев, И. И. Гвоздев

РАЗРАБОТКА ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО МЕТОДА ПОДБОРА ИММУНОАКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ИНФЕКЦИОННО-ВОСПАЛИТЕЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ*

Разработан хемилюминесцентный метод, позволяющий осуществить подбор эффективных иммуноактивных препаратов при лечении инфекционно-воспалительных заболеваний, который может быть рекомендован для применения в клинической практике. Метод выполняется на малом объеме крови, отличается высоким уровнем точности и объективности результата за счет отсутствия этапа пробоподготовки с фракционированием клеток и использования люцигенина в качестве хемилюминесцентного индикатора, а также отличается возможностью прогнозирования эффективности иммунотерапии, что позволяет исключить применение неэффективных иммуноактивных препаратов.

Ключевые слова: иммуноактивные препараты, хемилюминесцентная кривая, площадь, нейтрофилы, анализатор биохемилюминесцентный БЛМ-3607.

Иммунная система в связи с ее функциональными задачами участвует прямо или опосредованно в развитии практически всех заболеваний. Особенно важно состояние иммунной системы при инфекционно-воспалительных заболеваниях [1; 2]. Без нормализации работы иммунной системы невозможно окончательное выздоровление больного. В настоящее время для категории пациентов с инфекционно-воспалительными заболеваниями не возникает вопросов о необходимости проведения иммуноактивной терапии. Современные достижения иммунологии и других смежных специальностей, разработка новых иммуноактивных препаратов позволяют врачу оказать реальную и долговременную помощь больному с иммунными нарушениями. Однако эффективность применения иммуноактивных препаратов при лечении инфекционно-воспалительных заболеваний не всегда оказывается высокой. Связано это с тем, что, во-первых, диагностика нарушений в системе иммунитета является одной из наиболее трудных проблем врача и до настоящего времени еще во многом не оптимизирована, во-вторых, широкий спектр иммуноактивных препаратов затрудняет их выбор для конкретного пациента. В связи с этим появляется необходимость в разработке персонафицированного метода подбора иммуноактивных препаратов.

Оценка чувствительности пациента к иммуноактивным препаратам не может быть адекватной без

использования критериев, характеризующих функциональную активность нейтрофильных гранулоцитов крови – одной из основных систем, обеспечивающих морфологический гомеостаз и защитные реакции организма. Состояние реактивности нейтрофилов имеет важное значение при самых разных заболеваниях, особенно связанных с воспалительными процессами [3–5]. Одним из наиболее перспективных методов, позволяющих оценить функциональную активность нейтрофильных гранулоцитов, является хемилюминесцентный анализ.

Хемилюминесцентный анализ позволяет получать информацию о нативном состоянии и функциональной активности клеток. Установлена возможность непосредственного исследования клеточного ответа при воздействии физиологических и патологических агентов [6–9]. Доказан высокий уровень корреляции между уровнем хемилюминесценции фагоцитов и киллингом [9].

В связи с этим, определение хемилюминесценции нейтрофилов может использоваться как один из критериев их способности к завершеному фагоцитозу. Уровень хемилюминесценции нейтрофилов характеризует интенсивность «респираторного взрыва» в клетках с продукцией активных форм кислорода, оказывающих бактерицидное действие (супероксидный анион-радикал, перекись водорода, гидроксильный радикал, синглетный кислород и др.).

*Работа выполнена при финансовой поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности».

Таким образом, целью исследования явилась разработка хемиллюминесцентного метода подбора иммуноактивных препаратов для персонализированного лечения пациентов с инфекционно-воспалительными заболеваниями.

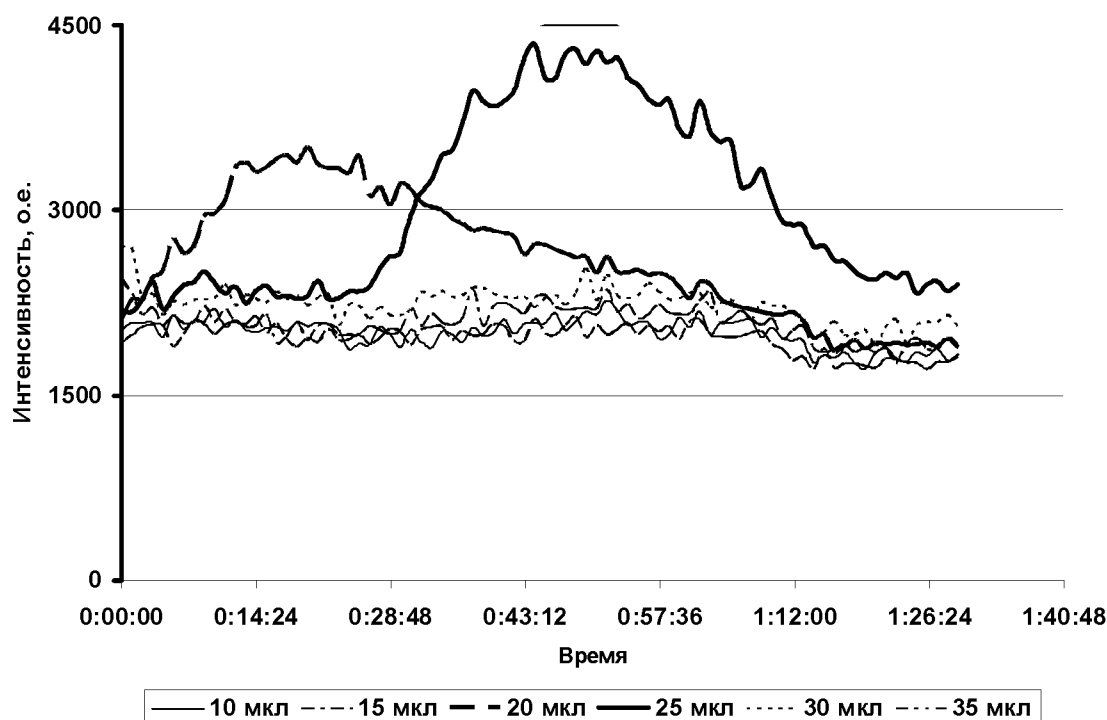
Объект и методы исследования. Обследовано 130 пациентов, обратившихся в клиническое отделение лаборатории молекулярно-клеточной физиологии и патологии НИИ медицинских проблем Севера СО РАМН (г. Красноярск), с инфекционно-воспалительными заболеваниями (рецидивирующий фурункулез, хронический гайморит, вялотекущий рецидивирующий аднексит, хронический вирусный гепатит В и С, рецидивирующий герпес). Перед назначением иммунотерапии проводили оценку индивидуальной чувствительности к иммуноактивным препаратам методом люцигенин-зависимой хемиллюминесценции и делали прогноз эффективности терапии. Использовали следующие иммуноактивные препараты: циклоферон, тимоген, реаферон, галавит, полиоксидоний. Все пациенты в процессе лечения регулярно контролировались.

Параметры люцигенин-зависимой хемиллюминесценции оценивались на анализаторе биохемиллюминесцентном БЛМ-3607 (СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН). Результаты хемиллюминесцентного анализа характеризовали по следующим параметрам: времени выхода на максимум интенсивности (T_{max}), максимальному значению интенсивности (I_{max}) и площади (S) под хемиллюминесцентной кривой. Предварительно определяли оптимальное количество крови для анализа.

Описание выборки производили с помощью подсчета медианы (Me) и интерквартильного размаха в виде 25 и 75 перцентилей (C_{25} и C_{75}). Различия между показателями контрольной и модифицированной иммуноактивными препаратами хемиллюминесцентных кривых определяли по U-критерию Вилкоксона. Статистический анализ осуществляли в пакете прикладных программ Statistica 7.0 (StatSoft Inc., 2004).

Результаты и обсуждение. С целью упрощения процесса пробоподготовки и возможности его реализации в клинико-диагностической лаборатории, разработанный метод реализован на цельной крови обследуемого. Это связано с тем, что клетками крови, которые производят подобные высокоэнергетические молекулы, являются только нейтрофильные гранулоциты [10].

Нейтрофильные гранулоциты обладают высокой реактивностью, они способны быстро функционально перестраиваться в ответ на воздействие агентов различной природы. Кроме того, после активации нейтрофильные гранулоциты сами становятся мощными эффекторами каскадных реакций, определяя развитие воспаления и проявление цитотоксической активности данной клеточной популяции [1; 2; 10]. Помимо этого, нейтрофильные гранулоциты несут на своей поверхности специфические рецепторы к различным веществам, что делает возможным оценивать влияние иммуноактивных препаратов на эти клетки в экспериментах *in vitro*. На рисунке представлена хемиллюминограмма пациента А. при разном объеме крови.



Зависимость интенсивности хемиллюминесценции от объема крови в пробе

Исходя из результатов анализа зависимости интенсивности хемилюминесценции от объема крови в пробе, для разрабатываемого метода выбран объем в 25 мкл. Оптимальность данного объема крови для проведения хемилюминесцентного анализа определяется соотношением количества нейтрофильных гранулоцитов и эритроцитов в хемилюминесцентной пробе. При слишком большом количестве эритроцитов интенсивность свечения крови снижается за счет поглощения квантов света эритроцитами, при низком количестве нейтрофильных гранулоцитов интенсивность свечения также будет низкой.

При разработке метода также учитывались имеющиеся аналоги.

Известен способ подбора иммунокорректора и прогнозирования эффективности иммунотерапии при урогенитальных инфекциях, включающий проведение индуцированного НСТ-теста, в котором используют иммуностропные средства [11]. Учет реакции осуществляют на спектрофотометре, последовательно определяя показатели оптической плотности контрольной и всех опытных проб. Рассчитывают индекс чувствительности для каждого препарата и при индексе, равном или превышающем 1,3, прогнозируют эффективную иммунотерапию, а для лечения выбирают препарат с максимальным индексом чувствительности. Известный способ имеет следующие недостатки: способ является весьма трудоемким (выделение лейкоцитарной взвеси, постановка спонтанного и индуцированного НСТ-теста); для учета результатов НСТ-теста используют спектрофотометр, однако этот метод регистрации обладает низкой чувствительностью и имеет большую ошибку в учете результата за счет преаналитического этапа.

Известен способ хемилюминесцентной оценки чувствительности к интерферону у больных раком почки, в котором при исследовании крови *in vitro* о чувствительности к интерферону судят по отклонению индекса чувствительности (ИЧ) от 1,0 [12]. ИЧ представляет собой отношение индекса активации нейтрофильных гранулоцитов при воздействии интерферона к индексу активации нейтрофильных гранулоцитов без интерферона. ИЧ выше 1,0 свидетельствует о чувствительности к определенной дозе интерферона, а ИЧ меньше или равный 1,0 – об отсутствии чувствительности к интерферону. Известный способ обеспечивает эффективность интерферонотерапии у больных раком почки, однако существенным недостатком способа является то, что помимо интерферона другие иммуноактивные препараты не рассматривались.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому способу является способ индивидуального подбора иммунокорректирующих препаратов у больных папилломатозом гортани [13], включающий забор периферической крови, получение лейкоцитарной суспензии, инкубирование суспензии клеток с иммунокорректирующими препаратами в течение 60 мин при 37 °С, запись кривых люминол-зависимой хемилюминесцентной реакции и расчет индекса стимуляции препарата по соотношению интенсивности хемилюминесценции в пробе с препаратом к интенсивности хемилюминесценции в контрольной пробе. Пре-

паратом выбора считают иммунокорректирующий препарат, индекс стимуляции которого выше 1,1. Известный способ не обеспечивает достаточную точность, так как при осуществлении способа выделяют лейкоцитарную взвесь, что влияет на физиологическое состояние клеток и, соответственно, снижает точность результата определения; в качестве хемилюминесцентного индикатора используется люминол, который вступает в хемилюминесцентную реакцию с широким спектром активных молекул [14], что может привести к появлению дополнительной хемилюминесценции, не связанной непосредственно с лейкоцитами, и снизить точность результата определения. Кроме того, недостатком известного способа является то, что способ реализован только для больных папилломатозом гортани.

В таблице представлены показатели контрольной хемилюминесцентной кривой и хемилюминесценции, модифицированной иммуноактивными препаратами. Обнаружено, что статистически достоверно на воздействие изменяется площадь хемилюминесцентной кривой. В связи с этим в разрабатываемом методе оценки чувствительности к иммуноактивным препаратам мы основывались на соотношении площадей спонтанной и модифицированных хемилюминесцентных кривых.

Задача достигается тем, что способ индивидуального подбора иммуноактивных препаратов при лечении инфекционно-воспалительных заболеваний включает хемилюминесцентное исследование цельной гепаринизированной крови с использованием люцигенина в качестве хемилюминесцентного индикатора, запись кривых спонтанной и модифицированной иммуноактивными препаратами люцигенин-зависимой хемилюминесцентной реакции с последующим расчетом коэффициента иммуноактивной модификации (КИМ) по формуле $КИМ = [(S_{\text{мод}} - S_{\text{сп}}) / S_{\text{сп}}] \cdot 100 \%$, представляющей собой процентное соотношение разности площадей под кривой хемилюминесценции, модифицированной исследуемым иммуноактивным препаратом ($S_{\text{мод}}$), и кривой спонтанной хемилюминесценции ($S_{\text{сп}}$) к площади под кривой спонтанной хемилюминесценции.

Для проведения иммунотерапии выбирают препарат с максимальной величиной КИМ. При величине КИМ, равной или выше 25 %, прогнозируют эффективную иммунотерапию, а при величине КИМ ниже 25 % – неэффективную иммунотерапию.

Пример 1. Больная М., 56 лет (амбулаторная карта № 67). Клинический диагноз: рецидивирующий фурункулез. В течение трех лет фурункулы на руках, туловище. Неоднократно лечилась (антибактериальная терапия, местное лечение). При проведении иммунологических исследований выявлен Т-лимфоцитоз без нарушения распределения между субпопуляциями Т-лимфоцитов, снижение фагоцитарной активности клеток.

До начала лечения проведен подбор иммуноактивного препарата *in vitro* (циклоферон, тимоген, реаферон, галавит, полиоксидоний) согласно заявляемому способу. Наибольшая величина КИМ выявлена при тестировании галавита: 37,5 % (выше 25 %). Прогноз – эффективная иммунотерапия данным препаратом.

Показатели хемилюминесцентной активности цельной крови в контроле и при введении иммуноактивных препаратов (Ме, С₂₅-С₇₅)

Показатель	Tmax, с	I _{max} , о. е.	S, о. е.×с
Контроль	4152	2002	92700
	2744–4885	1118–4053	49500–145000
Циклоферон	3182	2530	120000
	1935–3803	1180–6708	52500–337000
	p = 0,023		p = 0,045
Тимоген	3483	2454	123000
	2433–4715	1800–4300	76500–209000
			p = 0,039
Реаферон	3838	2382	64900
	2204–4857	1496–2976	60100–98000
			p = 0,047
Галавит	3733	1737	61100
	2210–4909	1116–3996	38400–156000
			p = 0,031
Полиоксидоний	2882	2401	210000
	2451–4098	1548–4945	154100–391000
			p = 0,019

Проведено лечение галавитом в рекомендованных общетерапевтических дозах. После проведенного лечения состояние больной улучшилось. Фурункулы отсутствовали. Дальнейшее наблюдение в динамике в течение 6 месяцев: рецидивы не отмечались.

Пример 2. Больная У., 21 год (амбулаторная карта № 95). Клинический диагноз: вирусный гепатит С, генотип 1, хроническое течение. Хронический гепатит С выявлен при заборе крови на донорском пункте. В течение года лечилась без существенного эффекта. Были жалобы на слабость, недомогание. При биохимических исследованиях АЛТ 112-130-126 ед/л, АСТ 58-65-60 ед/л. При проведении иммунологических исследований выявлена Т-лимфоцитопения за счет популяции Т-эффекторов, снижение фагоцитарной активности клеток.

До начала лечения проведен подбор иммуноактивного препарата *in vitro* (циклоферон, тимоген, реаферон, галавит, полиоксидоний) согласно заявляемому способу. Наибольшая величина КИМ выявлена при тестировании реафероном – 28,3 % (выше 25 %). Прогноз – эффективная иммунотерапия данным препаратом.

Проведено лечение реафероном в общетерапевтических дозах. После проведенного лечения состояние улучшилось. Стойкая клиничко-лабораторная ремиссия в течение 6 месяцев. Жалоб нет. Дальнейшее наблюдение в динамике в течение 6 месяцев: рецидивы не отмечались. АЛТ 35-32 ед/л, АСТ 28-15 ед/л.

Пример 3. Больной М., 60 лет (амбулаторная карта № 66). Клинический диагноз: хронический двухсторонний гнойный гайморит. Жалобы на головные боли, усиливающиеся при наклоне вперед, заложенность носа, гнойные выделения из носа, снижение обоняния, субфебрилитет. Из анамнеза известно, что пациент страдает хроническим гайморитом более 7 лет. На протяжении этого времени периодически проводились курсы консервативного лечения (антибиотики, симптоматическая терапия). Последнее обострение началось 10 дней назад. По месту жительства проводилось лечение: антибиотики, санационные мероприятия, симптоматические средства. При проведе-

нии иммунологических исследований выявлена лейкопения, Т-лимфоцитопения без нарушения субпулационного состава Т-лимфоцитов.

До начала лечения проведен подбор иммуноактивного препарата *in vitro* (циклоферон, тимоген, реаферон, галавит, полиоксидоний) согласно заявляемому способу. Наибольшая величина КИМ выявлена при тестировании тимогеном – 12,1 % (ниже 25 %). Прогноз – неэффективная иммунотерапия данным препаратом.

Проведено лечение тимогеном в общетерапевтических дозах. После проведенного лечения состояние больного улучшилось. У больного прошли головные боли, уменьшилось чувство тяжести в области лица, нормализовалась температура тела. Гнойных выделений не было. Больной был выписан. Однако через 4 месяца у больного началось обострение: головные боли, гнойное отделяемое из носа, температура до 37,5.

Разработанный способ позволяет осуществить подбор эффективных иммуноактивных препаратов при лечении инфекционно-воспалительных заболеваний и может быть рекомендован для применения в клинической практике.

Технический результат от реализации предложенного способа заключается в следующем: упрощение способа за счет отмены трудоемкой операции по получению лейкоцитарной суспензии; малый объем отбираемой крови для реализации способа, что позволяет осуществлять забор крови из пальца пациента; повышение точности и объективности результата определения за счет отсутствия этапа пробоподготовки с фракционированием клеток и использования люцигена в качестве хемилюминесцентного индикатора, не вступающего в хемилюминесцентную реакцию с широким спектром активных молекул; возможность индивидуального подбора иммуноактивных препаратов при лечении широкого спектра инфекционно-воспалительных заболеваний; возможность прогнозирования эффективности иммунотерапии, что позволяет исключить применение неэффективных иммуноактивных препаратов.

Библиографические ссылки

1. Практические аспекты диагностики и лечения иммунных нарушений: руководство для врачей : монограф. / В. А. Козлов [и др.]. Новосибирск : Наука, 2009.
2. Ярилин А. А. Иммунология : моног. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010.
3. Alves-Filho J. C., Spiller F., Cunha F. Q. Neutrophil paralysis in sepsis // Shock. 2010. Vol. 34, Suppl. 1. P. 15–21.
4. El Kebir D., Filep J. G. Role of neutrophil apoptosis in the resolution of inflammation // ScientificWorld Journal. 2010. № 10. P. 1731–1748.
5. Neutrophil kinetics in health and disease / C. Summers [et al.] // Trends Immunol. 2010. Vol. 8. P. 318–324.
6. Использование специфических антигенных препаратов в качестве индукторов дыхательного взрыва лейкоцитов крови при хемилюминесцентном анализе / Н. А. Дорохина [и др.] // Клиническая лабораторная диагностика. 2001. № 1. С. 39–43.
7. Маянский А. Н., Маянский Д. Н. Очерки о нейтрофиле и макрофаге : моног. Новосибирск : Наука, 1989.
8. Изменение функциональной активности лейкоцитов крови у здоровых людей при воздействии N_6 -циклогексиладенозина *in vitro* / А. А. Савченко [и др.] // Иммунология. 2000. № 5. С. 39–41.
9. Хаитов Р. М., Пинегин Б. В. Оценка основных этапов фагоцитарного процесса: современные подходы и перспективы развития исследований // Патол. физиол. и эксперим. терапия. 1995. № 3. С. 3–10.
10. Тотолян А. А., Фрейдлин И. С. Клетки иммунной системы : моног. СПб. : Наука, 2000.
11. Пат. RU 2216739 Способ подбора иммунокорректора и прогнозирования эффективности иммунотерапии при урогенитальных инфекциях / Юцковская Я. А. [и др.]. Оpubл. 20.11.2003.
12. Пат. RU 2293988 Способ оценки чувствительности к интерферону у больных раком почки / Куртасова Л. М. [и др.]. Оpubл. 20.02.2007.
13. Пат. RU 2320991 Способ индивидуального подбора иммунокорректирующих / Матела И. И. [и др.]. Оpubл. 27.03.2008.
14. Владимиров Ю. А., Проскурина Е. В. Свободные радикалы и клеточная хемилюминесценция // Успехи биологической химии. 2009. Т. 49. С. 341–388.

A. A. Savchenko, A. G. Borisov, M. V. Salnikov, V. N. Koscheev, I. I. Gvozdev

DEVELOPMENT OF A CHEMILUMINESCENT METHOD OF SELECTION OF PERSONALIZED IMMUNOACTIVE DRUG TREATMENT OF PATIENTS WITH INFECTIVE-PHLOGOTIC TROUBLES

The authors developed a chemiluminescent method which make it possible to select the most effective immunoactive drugs in the process of treatment of infective-phlogotic troubles, which can be recommended for use in clinical practice. The method is performed in a small volume of blood and is of a high level of accuracy and objectivity of the results, due to the lack of sample preparation steps with the fractionation of cells and the use of lucigenin as a chemiluminescent indicator, and also it's possible to forecast the effectiveness of immunotherapy, which eliminates the inefficient use of immunoactive drugs.

Keywords: immunoactive samples, chemiluminiscent characteristic, limits of a neutrophil, analyzer biochemiluminiscent БЛМ-3607.

© Савченко А. А., Борисов А. Г., Сальников М. В., Коцеев В. Н., Гвоздев И. И., 2011

УДК 531

Н. Г. Сучилин, Ю. В. Шевчук

ПАРАМЕТРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЭЛЛИПСОИДА ИНЕРЦИИ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА В РАЗЛИЧНЫХ ПОЗАХ

Разработана методика определения параметров центрального эллипсоида инерции тела человека как многозвенной модели с переменной конфигурацией для случая, когда сагиттальная плоскость является плоскостью симметрии тела. С использованием данной методики количественно определены координаты общего центра масс в системе координат, жестко связанной с одним из звеньев тела человека, азимуты главных центральных осей инерции и значения моментов инерции относительно этих осей в девяти характерных симметричных позах.

Ключевые слова: безопорное положение, модель тела человека, эллипсоид инерции, главные центральные оси, моменты инерции, плоскость симметрии, вращение тела в безопорном положении спортсмена, космонавта в состоянии невесомости.

Объектом исследования является центральный эллипсоид инерции тела человека в произвольных позах. Его параметры полностью определяются, если известны координаты общего центра масс (ОЦМ) тела

человека в произвольной позе, направление его главных осей в пространстве и значения моментов инерции относительно этих осей. Эти данные могут быть использованы при конструировании скафандров и