

*С. М. Лебедев, И. В. Федорова*

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИММУНОПРОФИЛАКТИКИ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

*Военно-медицинский факультет  
в УО «Белорусский государственный медицинский университет»*

---

*Ионизирующее излучение оказывает воздействие на иммунную систему организма военнослужащего. Для создания протекции в отношении инфекционных болезней в условиях радиационного воздействия проводится специфическая активная профилактика.*

*Определенная тактика в иммунизации военнослужащих в зависимости от дозы ионизирующего излучения позволяет сформировать иммунологическую протекцию в отношении инфекционных агентов эффективным и безопасным способом.*

*Предложена тактика вакцинации военнослужащих при воздействии радиации в зависимости от дозы облучения, срока проведения иммунизации, вида применяемых ИЛС, периода лучевой болезни и вида вакцинации (первичная или ревакцинация).*

**Ключевые слова:** военнослужащие, ионизирующее излучение, иммунопрофилактика, иммунобиологические лекарственные средства, инфекционные болезни.

*S. M. Lebedev, I. V. Fedorova*

## **SOME ASPECTS OF IMMUNOPROPHYLAXIS OF MILITARY SERVERS UNDER RADIATION EXPOSURE**

*Ionizing radiation makes impact on the immune system of an organism of the serviceman. For creation of a patronage concerning infectious diseases in the conditions of radiative effects specific active prevention is carried out.*

*Certain tactics in the immunization of military personnel depending on the dose of ionizing radiation allows the formation of immunological protection against infectious agents in an effective and safe way.*

*Tactics of vaccination of the military personnel at influence of radiation depending on an exposure dose is offered, the term of carrying out immunization, a type of the applied ILS, the period of a radial illness and a type of vaccination (primary or a revaccination).*

**Kew words:** military personnel, ionizing radiation, immunoprevention, immunobiological medicines, infectious diseases.

В современных условиях существует риск радиационной опасности для населения многих стран. Прежде всего это обусловлено тем, что в более 40 государств имеется развитая отрасль промышленности, занимающаяся производством электрической и тепловой энергии путём преобразования ядерной энергии, располагаются различные ядерные установки для производства энергии, а случайное или преднамеренное их разрушение будет способствовать формированию очагов массовых санитарных потерь. Значительный рост радиационной нагрузки на населения связан также и с тем, что источники ионизирующих излучений и радионуклиды широко используются в различных областях производства и науки, особенно в медицине. Количество людей, имеющих професси-

ональные контакты с ионизирующим излучением в развитых странах составляет около 8–9 % населения.

В последние годы усиливаются угрозы со стороны террористических организаций в отношении ядерных и радиационных объектов (материалов), используемых в медицине и проведении научных исследований, отмечается незаконный оборот ядерных и радиоактивных материалов. Следует отметить, что в настоящее время происходит наращивание и масштабная модернизация ядерного потенциала военного назначения. В арсеналах девяти ядерных государств находится около 19 000 единиц ядерного оружия [2]. Другие страны, являющиеся потенциальными разработчиками такого оружия, также могут его иметь или способны создать. Данные обстоятельства не обеспечивают

сохранения стратегической стабильности и неизбежно ведут к снижению «ядерного порога», возможности применения ядерного оружия на ранней стадии вооруженного конфликта или локальной войны.

Учитывая опасность и значительную угрозу факторов радиационной природы для состояния здоровья населения, национальной безопасности, социально-экономического развития нашей страны, необходимо разрабатывать и совершенствовать мероприятия по обеспечению радиационной безопасности военнослужащих, в том числе и в области иммунопрофилактики.

Иммунопрофилактика военнослужащих в условиях радиационного воздействия предполагает использование иммунобиологических лекарственных средств (ИЛС) с учетом влияния ионизирующего излучения на иммунную систему. Оказывая влияние на иммунную систему, излучение вызывает изменения регуляции иммунного ответа и гибель иммунокомпетентных клеток. Реакция иммунной системы на радиационное воздействие зависит от дозы, экспозиции, мощности и вида облучения [4, 5, 6]. Причем клетки иммунной системы отличаются по радиочувствительности. Так, дендритные клетки уничтожаются при дозах 2–4 Гр. Наибольшей радиочувствительностью обладают Т-лимфоциты (Т-хелперы и Т-супрессоры), В-лимфоциты и тимоциты вилочковой железы. Гибель этих клеток наступает после воздействия облучения в десятых долях Гр, при этом отмечается, что радиочувствительность В-лимфоцитов выше, чем Т-лимфоцитов. Некоторые клетки иммунной системы обладают радиоустойчивостью. Например, Т-клетки памяти сохраняют функциональную активность после облу-

чения в дозах 6–10 Гр. Последствия воздействия облучения на иммунокомпетентные клетки лимфоидной ткани проявляются изменением их функциональной активности, исчезновением клеточных рецепторов для связывания антигенов, нарушением механизма их распознавания, уменьшением пролиферативной активности Т-лимфоцитов, нарушением соотношения Т-хелперов (классы Th1 и Th2), угнетением синтеза иммуноглобулинов плазмочитами, усилением выработки естественных аутоантител и развитием органоспецифических аутоиммунных процессов [4, 5, 7]. Происходит угнетение основных механизмов и функций иммунной системы организма военнослужащего. В условиях поражения вследствие воздействия ионизирующего излучения повышается восприимчивость организма к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам. Постоянными оппортунистами лучевой болезни являются эндогенные инфекции. Экзогенные инфекционные заболевания характеризуются тяжелым течением, развитием постинфекционных осложнений, протекают с генерализацией процесса и приводя к летальным исходам. Эффективным способом профилактики инфекционных болезней у военнослужащих в условиях радиационного воздействия является вакцинопрофилактика инфекционных болезней.

Проведение специфической активной профилактики военнослужащим с помощью ИЛС предполагает создание протекции в отношении инфекционных болезней посредством выработки антител и формирования иммунологической памяти [3]. После воздействия облучения в начальные сроки угнетается функциональная способность плазмочитов вырабатывать

антитела, особенно после введения антигена через 1–2 суток после облучения. В случае проведения вакцинации перед облучением вторичный иммунный ответ не нарушается при введении специфического антигена после получения дозы облучения. При воздействии высокими дозами радиации в течение первых двух дней происходит резкое подавление образования антител, которое удерживается до 7 суток и более. Максимальная продукция иммуноглобулинов регистрируется лишь через 40–50 дней после облучения [5, 8]. В целом степень отрицательного влияния ионизирующего излучения на процесс иммуногенеза и формирование поствакцинального иммунитета при вакцинации зависит от дозы облучения, времени проведения иммунизации относительно момента воздействия проникающей радиации, вида применяемых ИЛС, периода лучевой болезни, вида вакцинации (первичная или ревакцинация).

На основании накопленных в последнее время данных могут быть сформулированы отдельные положения, которыми следует руководствоваться при организации и проведении иммунизации военнослужащих:

1. При планировании иммунизации первичную вакцинацию целесообразно проводить в сроки, обеспечивающие формирование иммунитета в необлученном организме. При этом поствакцинальный иммунитет обеспечивает протекцию после воздействия облучения, за исключением периода разгара лучевой болезни. Тем не менее, не исключается возможность проведения вакцинации (в том числе и первичной) у облученных при получении ими доз радиации до 2 Гр.

2. В ходе организации проведения иммунизации следует учитывать, что степень тяжести первичной лучевой реакции, сроки начала периода разгара лучевой болезни зависят от индивидуальной радиочувствительности тканей и органов организма военнослужащего. Вследствие этого одинаковые дозы облучения оказывают неодинаковое воздействие на иммунную систему. Это обстоятельство определяет индивидуальный подход к вакцинации военнослужащих с контролем эффективности иммунизации путем определения титров антител. При отсутствии защитных титров необходимо введение бустерных доз.

3. В ходе планирования иммунизации следует учитывать, что при вакцинации лиц, имеющих иммуносупрессию после воздействия облучения, реактогенность различных видов ИЛС неодинакова. Отмечается ее повышение, особенно у живых вакцин. Данные о применении вакцин показали, что в облученном организме не происходило изменения свойств вакцинных штаммов, в частности, не изменялась их вирулентность, отсутствовали явления антигенной реверсии штаммов. Однако отмечались побочные реакции на введение живых вакцин у отдельных лиц, обладающих высокой чувствительностью к облучению. В этом случае для своевременного оказания медицинской помощи в случае развития серьезной побочной реакции необходимо проводить более тщательное медицинское наблюдение за привитыми в поствакцинальном периоде.

4. После облучения дозами до 1 Гр первичную вакцинацию и ревакцинацию целесообразно проводить через 5–7 дней, поскольку в указанные сроки выше иммунологическая эффективность иммуни-

зации. В этот период отмечается наименьшая частота серьезных побочных реакций, и за это время частично восстанавливаются пораженные тканевые структуры организма, участвующие в формировании иммунитета. Если доза облучения более 1 Гр, и имеется риск возникновения у части пораженных лучевой болезни, первичную вакцинацию необходимо проводить в более поздние сроки, не ранее 25–30 дней после облучения.

5. В ходе определения показаний к иммунизации в условиях облучения необходимо учитывать особенности инфекционного заболевания: контагиозность, восприимчивость к возбудителю, тяжесть течения, частоту осложнений. В эпидемическом очаге при оптимальных условиях возникновения и распространения заболевания допускается расширение показаний к вакцинации. Данная мера позволит защитить военнослужащих от инфицирования и предотвратить дальнейшее распространение инфекции. Контингенты, подлежащие иммунизации в условиях облучения, отбираются с учетом общих показаний. Вакцинация проводится в соответствии с инструкциями по применению ИЛС. Перед вакцинацией обязательно проводится медицинский осмотр, а в поствакцинальный период — учет и регистрация побочных реакций посредством медицинского наблюдения за привитыми.

6. Если до воздействия ионизирующего излучения использовались медицинские средства от облучения, то в случае проведения вакцинации после облучения возможно ожидать повышения иммунологической эффективности иммунизации. Введение перед облучением радиопротекторов с высокой защитной эффек-

тивностью может значительно снизить неблагоприятное влияние ионизирующего излучения на иммунологическую реактивность организма и способствовать формированию полноценного иммунитета [1].

С учетом вышеперечисленных положений тактика вакцинации военнослужащих в условиях радиационного воздействия имеет некоторые особенности. Облучение дозами до 1 Гр позволяет проводить первичную вакцинацию или ревакцинацию различными видами ИЛС через 5–7 дней после ионизирующего воздействия. При облучении дозами от 0,1 до 1,5 Гр возможно проведение ревакцинации различными видами ИЛС через 5–7 дней после облучения. Первичная вакцинация живыми, инактивированными и химическими вакцинами проводится только в эпидемических очагах инфекционного заболевания с высокой контагиозностью возбудителя. Не рекомендуется вакцинация лиц, имеющих проявления первичной лучевой реакции свыше 8 часов. Их следует вакцинировать через 25–30 дней, если не развивается лучевая болезнь. В случае использования анатоксинов при дозах облучения от 1 до 1,5 Гр проводится, как первичная вакцинация, так и ревакцинация.

Пораженные лица, подвергшиеся облучению дозами 1,51–2 Гр и не нуждающиеся в стационарном лечении, вакцинируются не ранее, чем через 25–30 дней после облучения. Для них имеются ограничения в показаниях к вакцинации. Допускается ревакцинация облученных с использованием живых, инактивированных или химических вакцин только в эпидемическом очаге инфекционного заболевания с высокой контагиозностью возбудителя.



Использование анатоксинов в данных обстоятельствах возможно также для проведения первичной вакцинации.

При облучении дозами 2,01–2,5 Гр возможно только проведение ревакцинации анатоксинами в очаге инфекционного заболевания с высоким риском эпидемического распространения. Использование других видов ИЛС при дозах облучения 2,51–3 Гр противопоказано.

В период разгара лучевой болезни средней и тяжелой степени профилактические прививки противопоказаны. При легкой степени заболевания возможно проведение ревакцинации инактивированными и химическими вакцинами, а также анатоксинами только в эпидемическом очаге с высоким риском распространения возбудителей. Показания к проведению вакцинации в период реконвалесценции после перенесенной лучевой болезни зависят от степени тяжести заболевания. При легкой степени лучевой болезни показаны ревакцинация всеми видами ИЛС и первичная иммунизация анатоксинами. Первичная иммунизация другими ИЛС может проводиться только в очаге инфекционного заболевания с высоким риском эпидемического распространения. При средней и тяжелой степени заболевания разрешается проведение ревакцинации живыми, инактивированными и химическими вакцинами, а также первичной иммунизации анатоксинами в очаге инфекционного заболевания с высоким риском эпидемического распространения.

Таким образом, определенная тактика в иммунизации военнослужащих в зависимости от дозы ионизирующего излучения позволяет сформировать иммунологическую протекцию в отношении инфекционных агентов эффективным и безопасным

способом. Воздействия и последствия факторов радиационной природы в настоящее время определяют необходимость изучения вопросов, связанных с медицинским обеспечением радиационной безопасности, а совершенствование организации проведения иммунизации в условиях радиационного воздействия позволит обеспечить эффективную и безопасную защиту военнослужащим от инфекционных болезней.

### Литература

1. Васин, М. В. Противолучевые лекарственные средства / М. В. Васин. – М.: ГИУВ МО РФ, 2010. – 180 с.
2. Поддержка режима ядерного нераспространения и разоружения // Пособие для парламентариев. – 2012. – № 19. С. 1–16.
3. Шкарин, В. В. Иммунопрофилактика : учебное пособие / В. В. Шкарин, О. Н. Воробьева – Н. Новгород : Изд-во НГМА, 2006. – 178 с.
4. Узбеков Д. Е. Влияние радиационного излучения на иммунную систему (обзор литературы) / Д. Е. Узбеков [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 8. – С. 538–541.
5. Александров, Ю. А. Основы радиационной экологии / Ю. А. Александров. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2007. – 268 с.
6. Kusunoki, Y. Long-lasting alterations of the immune system by ionizing radiation exposure: Implications for disease development among atomic bomb survivors / Y. Kusunoki, T. Hayashi // International Journal of Radiation Biology. – 2008. – P. 1–14.
7. Park, H. R. Factors effecting the Th2-like immune response after gamma-irradiation: low production of IL-12 heterodimer in antigen-presenting cells and small expression of the IL-12 receptor in T cells / H. R. Park [et al.] // International Journal of Radiation Biology. – 2005. – P. 31–221.
8. Reuben, J. M. The effect of low dose gamma irradiation on the differentiation and maturation of monocyte derived dendritic cells / J. Gravit // Physiol. – 2004. – P. 39–42.

Поступила 16.10.2019 г.