

С.В. Осовец

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЗАДАЧА ИДЕНТИФИКАЦИИ ГРАНИЦ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

S.V. Osovets

Quantitative Characteristics and the Challenge of Border-Line Identification for Deterministic Health Effects

РЕФЕРАТ

Цель: Получение новых количественных характеристик для описания и идентификации детерминированных эффектов, возникающих как при внешнем, так и при внутреннем облучении живого организма.

Материал и методы: В качестве базовой модели для описания зависимости « D_{50} – мощность дозы» использована полученная ранее обобщенная модель:

$$D_{50} = (D_{50}^* - \theta_x)(P^*/P)^\beta + \theta_x,$$

где D_{50} – медианная доза (обобщенное выражение), которая представляет собой медианную летальную дозу (LD_{50}), если изучаются летальные эффекты, и медианную эффективную дозу (ED_{50}), если рассматриваются нелетальные эффекты; P – мощность дозы; P^* и D_{50}^* – пороговые значения мощности дозы и медианной дозы; β и θ_x – положительные параметры модели.

Для облучаемой биологической системы введено новое понятие – потенциал восстановления (U):

$$U = P^*/P,$$

здесь принято $\beta = 1$, и очевидно, что при $P \rightarrow \infty$ $U \rightarrow 0$, а при $P = P^*$ $U = 1$.

Получены формулы для оценки пороговых значений:

$$\begin{aligned} D_{50}^* &= 3\theta_x, \\ P^* &= \theta_1/2\theta_x, \end{aligned}$$

где θ_1 – произвольный положительный параметр, полученный из базовой модели.

Для дополнительной характеристики детерминированных эффектов введено понятие *периода полувосстановления* ($T_{1/2}$) в процессе облучения биологической системы:

$$T_{1/2} = 2\theta_\infty^2 / \theta_1$$

Результаты: С учетом вейбулловской модели риска и базовой модели для зависимости « D_{50} – мощность дозы» предлагаются простые формулы для оценки экстремальных значений (f_{\min} и f_{\max}) величин риска на единицу дозы для детерминированных эффектов.

Предложены также количественные оценки диапазонов по дозе и мощности дозы, в пределах которых можно идентифицировать рассматриваемый детерминированный эффект.

Выводы: Получены дополнительные количественные характеристики для оценки детерминированных эффектов, полезные для дальнейшего развития теории радиационного риска. Показано, что фактор мощности дозы может модифицировать величину эффективной (или летальной) дозы для исследуемого эффекта в кратности, равной трем. Предложены простые критерии для идентификации границ детерминированных эффектов.

Ключевые слова: детерминированные эффекты, радиационный риск, эффективный дозовый порог, распределение Вейбулла, идентификация границ, время облучения, мощность дозы

ABSTRACT

Purpose: To obtain new quantitative characteristics for description and identification of deterministic effects resulted from external and internal exposure of human body.

Material and methods: The earlier generalized model was used in this paper as the basic model for description of dependence D_{50} – dose rate:

$$D_{50} = (D_{50}^* - \theta_x)(P^*/P)^\beta + \theta_x,$$

where D_{50} is median dose (generalized expression) which represents the median lethal dose (LD_{50}) in case if fatal effects are under study and median effective dose (ED_{50}) if non-fatal effects are studied; P is dose rate; P^* and D_{50}^* are threshold values of dose rate and median dose; β and θ_x are positive model parameters.

The new concept has been introduced i.e. the recovery potential (U) of the examined biological system:

$$U = P^*/P,$$

It is accepted here that $\beta = 1$ and it is obvious that if $P \rightarrow \infty$ than $U \rightarrow 0$, and at $P = P^*$ $U = 1$.

Equations for assessment of threshold values have been obtained:

$$\begin{aligned} D_{50}^* &= 3\theta_x, \\ P^* &= \theta_1/2\theta_x, \end{aligned}$$

where θ_1 – arbitrary positive parameter obtained from the basic model.

The concept *half-time recovery period* $T_{1/2}$ at exposure of biological system has been introduced for additional characterization of deterministic effects:

$$T_{1/2} = 2\theta_\infty^2 / \theta_1$$

Results: Taking into account Weibull risk model and basic model for dependence D_{50} – dose rate, simple equations for assessment of extreme values (f_{\min} and f_{\max}) of risk magnitude per dose unit of deterministic effects are suggested.

Quantitative estimations of dose ranges and dose rates when considered deterministic effect can be identified are also shown.

Conclusions: Additional quantitative characteristics (useful for further development of radiation risk theory) for assessment of deterministic effects have been obtained. It was shown that dose rate factor can modify value of effective dose (or lethal dose value) of the examined effect at the order of three. Simple criteria for identification of deterministic effect limits have been proposed.

Key words: deterministic effects, radiation risk, effective threshold of dose, Weibull distribution, border-line identification, exposure time, dose rate