

СПОСОБ ОЦЕНКИ ДОЗЫ И ВЕЛИЧИНЫ ОБЛУЧЕННОГО ОБЪЕМА ТЕЛА ПРИ ЧАСТИЧНОМ РАДИАЦИОННОМ ПОРАЖЕНИИ

*Доцент кафедры экологической медицины МГЭИ
им. Сахарова БГУ к.б.н. Николаевич Л.Н.*

Для определения дозы и величины объема тела облученного при частичном радиационном воздействии (случай неравномерного воздействия) на основании анализа aberrаций хромосом в лимфоцитах периферической крови человека используют полученные в экспериментах *in vitro* кривые зависимости частоты дицентриков (на 1 клетку с дицентриками) от дозы и процента клеток с дицентриками.

В случае относительно равномерного облучения для расчета доз применяют показатели средней частоты дицентриков (на 1 или 100 проанализированных клеток), используя полученные в экспериментах *in vivo* или после тотального терапевтического облучения кривые доза–эффект.

Однако в случае неравномерного радиационного воздействия в крови присутствует смесь облученных в разных дозах и необлученных лимфоцитов. Поэтому средняя частота дицентриков будет малоинформативной, так как с ее помощью оценивается лишь средняя поглощенная доза на все тело, и она может быть одинаковой при самых различных вариантах неравномерного облучения. Это относится и к частичному радиационному воздействию, т. е. такому случаю, когда облучению в какой-либо примерно одной дозе подвергается только одна часть тела в то время, как другая остается неповрежденной. Например, при облучении половины туловища в дозе 3 Гр, одной четверти в дозе 4,5 Гр и одной восьмой в дозе 6,5 Гр частота дицентриков одна и та же и равна уровню дицентриков, наблюдающемуся при тотальном равномерном облучении человека в дозе 2 Гр. Следует ожидать, что такие разнотипные воздействия радиации приведут к принципиальным различиям в течении острой лучевой болезни, ее исходе и отдаленных последствиях.

В рекомендациях МАГАТЭ изложен метод определения величины популяции облученных клеток и поглощенной ими дозой при частичном облучении, основанный на представлении о том, что во фракции облученных лимфоцитов распределение дицентриков по клеткам соответствует распределению Пуассона. Можно применить и другой вариант метода, который заключается в следующем. Поскольку спонтанный уровень дицентриков очень низок (1 на 1000 клеток), то такой показатель как частота дицентриков только в клетках с дицентриками является характеристикой лишь облученной популяции клеток. При предварительных исследованиях в условиях относительно равномерного воздействия радиации получают кривые зависимости частоты дицентриков (на 1 клетку с дицентриками) от дозы и от выхода клеток с дицентриками (рис. 6.1, 6.2). По первой кривой оценивают дозу в случае частичного облучения, по второй – ожидаемый процент клеток с дицентриками, если радиационное воздействие было относительно равномерным.

Далее определяют процент облученных лимфоцитов при частичном облучении по формуле:

$$F = (N_d / \square P_d)$$

Применяемые калибровочные кривые были построены по данным В. Ю. Нугиса и А. А. Чиркова (1989), которые с помощью дифференциального окрашивания сестринских хроматид изучали частоту дицентриков в метафазах первого митоза в культурах лимфоцитов крови людей после облучения клеток *in vitro* гамма-лучами ^{60}Co в дозах от 1 до 8 Гр (мощность дозы 1 Гр/мин) (табл. 6.1).

Таблица 7.1.

Средние частоты клеток с дицентриками и дицентриков ($M \pm m$) в культурах лимфоцитов крови людей после γ -облучения *in vitro*

Доза, Гр	Число доноров	Число проанализ ированных клеток	Частота клеток с дицентрикам, %	Частота дицентриков	
				на 100 клеток	на 1 клетку с дицентриками
1	5	2100	10,1 $\pm$ 0,2	10,3 $\pm$ 0,3	1,02 $\pm$ 0,01
1,5	6	437	19,6 $\pm$ 1,6	20,7 $\pm$ 1,6	1,06 $\pm$ 0,02
2	6	2732	25,3 $\pm$ 0,6	28,2 $\pm$ 0,9	1,12 $\pm$ 0,01
3	6	2647	44,0 $\pm$ 1,2	55,8 $\pm$ 2,0	1,27 $\pm$ 0,02
4	8	1500	65,4 $\pm$ 0,9	100,7 $\pm$ 2,2	1,54 $\pm$ 0,03
5	5	1651	76,2 $\pm$ 0,6	133,7 $\pm$ 3,1	1,75 $\pm$ 0,03
6	8	2522	88,4 $\pm$ 0,8	202,8 $\pm$ 5,9	2,28 $\pm$ 0,05
8	6	1253	95,3 $\pm$ 0,9	312,0 $\pm$ 23	3,26 $\pm$ 0,21

Для построения калибровочных кривых можно использовать уравнения регрессии, которые имеют следующий вид:

1). для зависимости частоты дицентриков (на 1 клетку с дицентриками) (Y) от дозы (D) – $Y = 0.857 \exp(0.142 D)$ и $Y = -0.729 + 0.499 D$ в диапазонах доз 1–5 и 5–8 Гр соответственно (рис.6.1.).

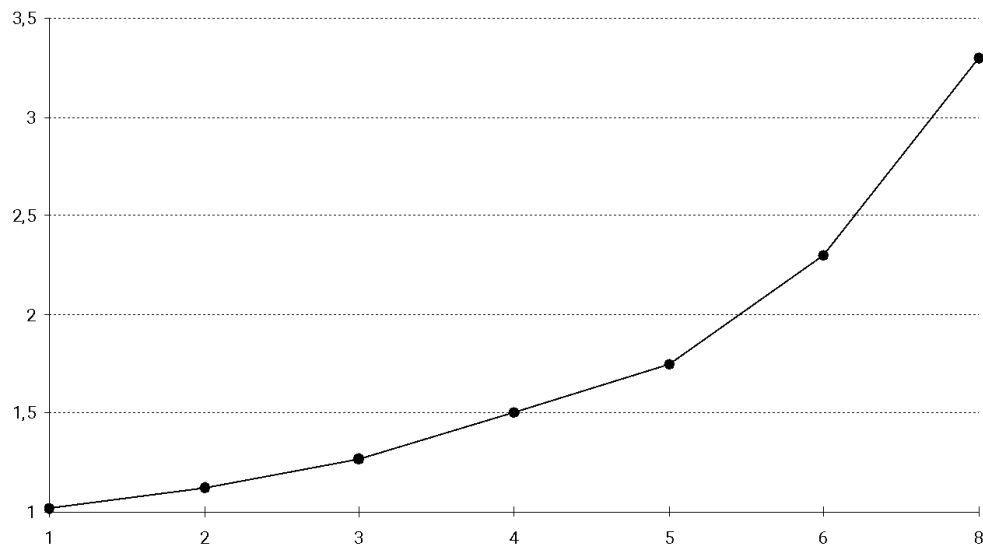


Рис.6.1. Зависимость частоты дицентриков (на 1 клетку с дицентриками) в лимфоцитах человека от дозы после γ -облучения in vitro.

По оси абсцисс – доза облучения Гр; по оси ординат – число дицентриков клетку с дицентриками. Иллюстрация оценки дозы с 95% – ными доверительными интервалами по частоте дицентриков на 1 клетку с дицентриками.

2). для зависимости частоты дицентриков (на 1 клетку с дицентриками) (Y) от процента клеток с дицентриками (P) – $Y = 0.914 \exp(0.008 P)$ и $Y = 0.156 \exp(0.031 P)$ в диапазонах выхода клеток с дицентриками от 10 до 76,9% и выше 76,9% соответственно (рис. 6.2.). Следует заметить, что при дозах относительно равномерного облучения больше 8 Гр частота клеток с дицентриками близка к 100%.

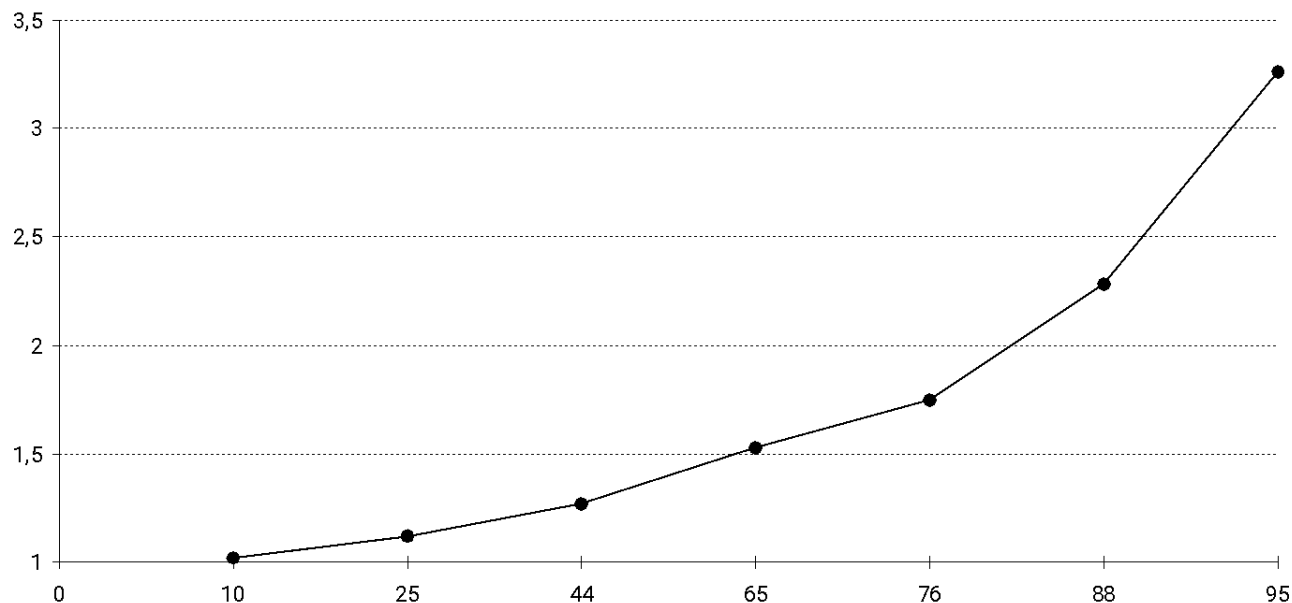


Рис. 6.2. Зависимость частоты дицентриков (на 1 клетку с дицентриками) в лимфоцитах человека от частоты клеток с дицентриками после γ -облучения *in vitro*.

По оси абсцисс – количество клеток с дицентриками, %; по оси ординат – число дицентриков на 1 клетку с дицентриками. Иллюстрация оценки процента клеток с дицентриками с 95%-ными доверительными интервалами по частоте дицентриков (на 1 клетку с дицентриками).

Эти калибровочные кривые можно использовать для оценки дозы и фракции облученных лимфоцитов в условиях частичного γ -облучения.

Например, пусть у пострадавшего проанализировано 500 метафаз в культуре лимфоцитов периферической крови. В 200 из них обнаружено суммарно 302 дицентрика. Частота дицентриков (на 1 клетку с дицентриками) составила 1,51% (95%-ный доверительный интервал от 1,41 до 1,61), что соответствует дозе 4,0 Гр (3,5 – 4,4 Гр) и частоте клеток с дицентриками 62,8 % (54,2 – 70,8 %) (рис. 6.2). Отсюда доля лимфоцитов, облученных в данной дозе, составляет $(200/500 \times 62,8) \times 10^4 = 63,7\%$ (56,5 – 73,8%).

Так как лимфоциты периферической крови циркулируют по всему организму, то можно считать, что доля облученных лимфоцитов пропорциональна объему облученной части тела. В приведенных выше расчетах не учитывается интерфазная гибель и задержка пролиферации клеток.

Литература

1. Poncelet E., Leonard A., Leonard E.D., Dutrillaux B. Biological dosimetry: Radiation-induced mitotic delay can lead to an underestimate of the part of the body exposed after non-uniform irradiation. / Strahlenther. and onkol. - 1988. Vol.164, № 9. P. 542 - 543.

2. Нугис В. Ю., Чирков А. А. Способ оценки дозы и величины облучения объема тела при частичном радиационном поражении по результатам цитогенетического анализа культур лимфоцитов периферической крови. // Радиобиология. 1989, Т. 29. С. 838 - 840.