

Розділ 14

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МЕДИЧНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ РАДІОЛОГІЇ

14.1 Предмет та завдання військової радіології

Військова радіологія являє собою окрему галузь військової медицини. Предметом її вивчення є етіологія, патогенез, діагностика та лікування різних видів бойових радіаційних уражень, а також вирішення проблем протирадіаційного захисту і організації надання медичної допомоги ураженим радіоактивними випромінюваннями.

Основними завданнями військової радіології є:

1. Розробка комплексу заходів з протирадіаційного захисту особового складу;
2. Вивчення клініки та патогенезу різних видів бойових радіаційних травм;
3. Пошук засобів медикоментозного захисту особового складу військ від радіаційних уражень і засобів, направлених на зберігання боєздатності особового складу, що піддався дії іонізуючих випромінювань;
4. Розробка засобів та методів лікування гострої променевої хвороби і комбінованих радіаційних уражень.

Глибоке знання променевої патології і механізмів розвитку уражень дозволяє патогенетично обґрунтувати найбільш ефективні профілактичні та лікувальні заходи і правильно організувати надання медичної допомоги.

Військову радіологію відрізняють необхідність вивчення та розробки засобів і методів лікування не тільки променевої хвороби в ізольованому її виді, але і форм комбінованих радіаційних уражень, а також поєднаних травм, які можуть виникати як при одномоментній дії всіх уражаючих факторів ядерного вибуху, так і при послідовному ураженні ядерною та іншими видами зброї.

Характерний відбиток на військову радіологію як самостійну дисципліну накладає та обставина, що завдання, які стоять перед нею, як правило, будуть вирішуватись в умовах масового надходження уражених і динамічних бойових обставин. Все це буде значно впливати на обсяг та характер медичної допомоги. Цим військова радіологія принципово відрізняється від медичної радіології, представники якої працюють в оптимальних умовах і використовують весь арсенал медичних засобів та методів лікування із врахуванням конкретних особливостей кожного випадку.

Важлива роль, яка відводиться медичній службі Збройних Сил у державній системі медицини катастроф, передбачає вивчення організації

медичного протирадіаційного захисту особового складу при великомасштабних радіаційних аваріях та катастрофах.

Будучи частиною військово-медичної науки, військова радіологія у своїх організаційних основах спирається і нерозривно пов'язана з прийнятою у Збройних Силах України військово-медичною доктриною етапного лікування з евакуацією за призначенням.

Військові радіологи працюють у тісному контакті з військово-польовими терапевтами, хірургами, а також спеціалістами з організації з медичного забезпечення та представниками військової гігієни. Ці спеціалісти приймають безпосередню участь у вирішенні завдань з організації і проведення медичного сортування, надання допомоги та лікуванню уражених на етапах медичної евакуації, а також у розробці комплексу медичних заходів з захисту військ від уражаючої дії ядерної зброї і протирадіаційного захисту особового складу при перебуванні на радіоактивно забрудненій території.

14.2. Історія розвитку військової радіології

Початок розвитку військової радіології можна зв'язати не тільки з роком і місяцем, але більше того, навіть з певним числом - 6 серпня 1945 року. Саме тоді, на заключному етапі другої світової війни були піддані бомбардуванню японські міста Хіросіма та Нагасакі. Вже тоді стало ясно, що променеве ураження є своєрідною бойовою травмою, що потребує спеціальних засобів та методів лікування.

Військова радіологія зформувалась на основі медичної радіології, яка в свою чергу визначилась як окрема галузь медицини на початку нинішнього століття.

Незабаром, після відкриття рентгенівських променів, з ними стали широко експериментувати і біологи, і медики, не використовуючи при цьому запобіжних заходів. П'єр Кюрі був першим, хто пізнав підступність променів радія. Він одержав ураження шкіри (променевої опік) від ампули з препаратом радію, яку носив у кишені піджака. До 1945 року медична радіологія розвивалась як наука, що забезпечувала перш за все інтереси розділу практичної медицини, котрий був пов'язаний з променевою терапією злоякісних пухлин і лікуванням професійних уражень у рентгенологів та радіологів. Події серпня заставили по-новому подивитися на сили, що скриті у надрах атому. Трагедія Хіросіми та Нагасакі, де тільки в дні атомних бомбардувань в одну мить загинули або були поранені понад 300 тис. чоловік, стала поштовхом до бурхливого накопичення знань з променевої патології.

В наступні роки розвиток військової радіології відбувався у тісному зв'язку з розвитком і удосконаленням ядерної зброї. Ця галузь військово-медичної науки жваво відкликала і реагувала на створення спочатку ядерних, термоядерних, а потім і нейтронних боеприпасів.

Важливим етапом у розвитку військової радіології стало відкриття наприкінці сорокових років радіозахисного ефекту. До теперішнього часу

наукові дослідження у цій галузі завершилися винаходом цілого ряду ефективних радіозахисних препаратів (радіопротекторів).

Історичною віхою у розвитку методів лікування променевої хвороби став випадок переопромінення 6 чоловік 15 жовтня 1958 року в Югославії на експериментальному реакторі у Вінчі. Тоді вперше ураженим була проведена трансплантація кісткового мозку. Значний досвід діагностики та лікування променевої хвороби був одержаний при наданні медичної допомоги особам, що постраждали при аварії на Чорнобильській АЕС.

Великий вклад у вивчення патогенезу, профілактики і лікування променевих травм внесла велика група вчених. Серед них в першу чергу слід назвати С.М.Олександрова, В.С.Балабуха, Г.Д.Байсаголова, П.Д.Горизонтова, А.К.Гуськову, І.І.Іванова, П.Г.Жеребченка, Г.А.Зедченідзе, Н.О.Куржакова, О.М.Кузіна, В.П.Парибока, Р.В.Петрова, Е.Ф.Поманцева, Б.Н.Тарусова, В.С.Шашкова, Г.М.Франка, С.П.Ярмоненка.

Широко відомі імена хіміків-синтетиків М.Н.Щукіної, І.Л.Кнунянца, Ф.Ю.Рачинського, В.Г.Яковлева, що багато та успішно працювали у галузі синтезу нових протипроменевих препаратів.

Важливі дослідження військово-прикладного характеру були виконані при участі Г.К.Джарак`яна, А.С.Мозжухіна, Л.І.Беляніна, Н.Т.Курціна, Е.В.Гембицького, Г.І.Алексеева, В.М.Малишева, Н.В.Бутомо, А.В.Попова та інших.

14.3. Характеристика іонізуючих випромінювань

При ядерних вибухах в результаті ядерних реакцій і термоядерних реакцій синтезу виникає ряд випромінювань, які несуть значну енергію у вигляді альфа-, бета-частинок, гама-променів і нейтронного потіку. Всі ці види випромінювань можуть впливати на людей і тварин, створюючи у тканинах різні патологічні процеси, які інколи призводять до розвитку гострої променевої хвороби.

Альфа-частинки (α) - це ядра гелію, які складаються з двох протонів і двох нейтронів (${}^4\text{He}_2$), мають масу 4 аом (атомні одиниці маси) і позитивний заряд +2.

Енергія випромінювання вимірюється електронвольтами (eV). Електронвольт дорівнює енергії, яку отримує електрон при проходженні різності потенціалів 1 вольт. Утворюючими одиницями є кілоелектронвольт (keV), який дорівнює 10³ eV, і мегаелектронвольт (MeV), який дорівнює 10⁶ eV. Фотони сонячних променів мають середню енергію 8 eV.

Енергія альфа-частинок дорівнює 4-9 MeV. Альфа-частинки володіють сильною іонізуючою здібністю, дають високу щільність іонізації (за 1 мм пробігу виникає 10-20 тис і більше пар іонів). Пробіг у повітрі досягає до 20 см, в тканини проникають на глибину до 50 мкм, можуть затримуватись тонким папіром, але по біологічній ефективності перевищують β - і γ -випромінювання.

Бета-частинки (β) - це електрони, які мають негативний заряд -1 і дуже малу масу, яка в 1840 разів менша маси протону. Ці частинки виходять з нейтронів атомного ядра, при цьому нейтрон перетворюється у протон, і атомний номер елемента збільшується на одну одиницю. Наприклад: $^{11}\text{Na}^{24} > ^{12}\text{Mg}^{24} + b + g$. Розрізняють м`які бета-випромінювання з енергією до 1 МеВ і жорсткі - з енергією до 2-5 МеВ. Пробіг у повітрі досягає до 15 м (м`яких β -частинок - декілька сантиметрів), в тканини проникають на глибину 1 см. Може бути також позитивне бета-випромінювання ($b+$), яке являє собою потік позитронів, тобто таких самих частинок, як електрони, але маючих позитивний заряд +1.

Гама-випромінювання (γ) - це випромінювання електромагнітної природи, аналогічне рентгенівським променям. Воно являє собою електромагнітні коливання або потік гама-квантів, які не мають маси спокою. Розрізняють гама-промені з енергією до 1 МеВ і жорсткі, з енергією до 3-5 МеВ. Гама-промені можуть розповсюджуватись у повітрі на відстань до 1,5 км, володіють великою проникаючою здібністю, опромінюють весь організм людини і тварини. В тканині розповсюджується на десятки сантиметрів.

Потік нейтронів (n) - це потік нейтральних частинок з масою 1,009 аом. Розповсюджується на сотні метрів у повітрі, в тканинах - на декілька метрів. Дуже велика проникаюча здібність.

В таблиці 14.1 наведені основні дані щодо фізичних властивостей іонізуючих випромінювань.

Таблиця 14.1

Фізичні властивості іонізуючих випромінювань*

Вид випромінювання	Енергія випромінювання	Довжина пробігу		Іонізуюча здатність (щільність іонізації) - кількість пар іонів, які утворюються за одиницю шляху пробігу в повітрі
		в повітрі	в тканинах	
Альфа	1 - 10	до 20 см	до 50 кмн	10000 - 20000 пар/мм
Бета	0,1 - 5	до 15 см	до 1 см	5 - 10 пар/мм
Гама	0,1 - 20	сотні метрів	десятки сантиметрів	1 пар/см
Нейтрон и	0,05 еВ - 10 МеВ	сотні метрів	сантиметри- метри	сотні - десятки тис. пар/мм

Примітка*: таблиця складена за даними Мілько В.І., Лазаря А.П., Назимка М.Ф., 1980 р.

14.4 Основні одиниці та методи вимірювання іонізуючого випромінювання

Загальною властивістю ядерних випромінювань є здібність викликати збудження і іонізацію атомів і молекул середовища, крізь яке вони проходять (повітря, вода, біологічні тканини тощо). При цьому частина енергії випромінювань поглинається даними середовищами. На цій властивості і засновано вимірювання доз цих випромінювань.

При вимірюванні дози іонізуючих випромінювань розрізняють експозиційну дозу випромінювань у повітрі і дозу випромінювань, яку поглинули тканини організму (або інші об'єкти).

У військовій практиці за одиницю експозиційної дози прийнята несистемна одиниця - рентген (Р). Рентген - це така доза іонізуючих випромінювань, яку в 1 см³ повітря при температурі 00 С і тиску 760 мм. рт. ст. спотворює $2,08 \cdot 10^9$ пар іонів з поглинанням 88 ерг енергії на 1г повітря. Утворюючими одиницями є міллірентген (1 мР = 10^{-3} Р) і мікрорентген (1 мкР = 10^{-6} Р).

Військові дозиметричні прилади (рентгенметри, рентгенметри-радіометри) вимірюють радіацію у вигляді потужності доз вимірювань, тобто експозиційну дозу за одиницю часу (годину). Тому рівень радіації на місцевості і ступінь зараження радіонуклідами об'єктів навколишнього середовища вимірюється в Р/год, мР/год, мкР/год.

Виміряти рівень радіації - це виміряти потужність експозиційної дози гамма-випромінювання дозиметричними приладами на висоті 1 м від поверхні землі і не ближче 1 м від великих об'єктів. Ступінь радіоактивного забруднення - це потужність експозиційної дози, виміряною дозиметричною апаратурою на відстані 1-1,5 см від об'єкту по гама- і бета-випромінюванню.

Поглинута доза - це середня енергія, яка передана випромінюванням деякому об'єму речовини, поділена на масу речовини у цьому об'ємі. Одиницею вимірювання поглинutoї дози прийнята рентгенівська адсорбована доза (Рад). Рад - це така кількість іонізуючого випромінювання любого виду, при дії якого кілограм опроміненої маси отримує кількість енергії, яка дорівнює 0,01 джоуль (Дж).

Є таке співвідношення: $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ ерг/г}$.

Зараз поглинуту дозу у медичній практиці виражають в греях (Гр): $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ ерг/кг}$.

Також, у військовій радіології використовується в якості поглинutoї дози-рентген (визначення цього поняття подано вище). Для гамма-випромінювання в середньому по всьому енергетичному спектру до 3 Мев. 1 рентген відповідає поглинутій дозі в біологічній тканині, рівної 0,97 рад.

Для оцінки радіаційної загрози хронічного опромінення особового складу використовується еквівалентна доза, яка визначається як добуток поглинutoї дози на коефіцієнт якості випромінювання. Коефіцієнт якості (чи відносна біологічна ефективність) - це безграничне число, яке залежить від здібності заражених частинок передавати свою енергію середовищу. Значення коефіцієнту різних видів іонізуючих випромінювань спектральним складом при хронічному опроміненні всього тіла наведені у таблиці 14.2.

Еквівалентна доза і коефіцієнт якості використовуються тільки при дозах опромінення до 25 бер (біологічного еквіваленту рада (бер)) в рік.

Бер - це співвідношення поглинутої рентгенівської адсорбованої дози до коефіцієнту якості:

$$1 \text{ бер} = \frac{1 \text{ Рад}}{Q},$$

де Q - коефіцієнт якості.

Для переходу від експозиційної дози фотонного випромінювання до біологічної еквівалентної дози використовується наступне співвідношення:

$$1 \text{ Р} = 0,97 \text{ рад} = 0,97 \text{ бер}$$

Таблиця 14.2.

Коефіцієнт якості (відносна біологічна ефективність) окремих видів іонізуючих випромінювань із невідомим спектральним складом на тканинному рівні

Вид випромінювання	Коефіцієнт якості (Q)
Рентгенівське і гама-випромінювання	1
Електрони і позитрони, бета-випромінювання	1
Нейтрони з енергією менше за 20 КеВ	3
Нейтрони з енергією 0,1 - 10 МеВ	10
Протони з енергією менше за 1 МеВ	10
Альфа-випромінювання з енергією менше за 10 МеВ	20
Важкі ядра віддачі	20

При експозиційній дозі 1Р один грам повітря поглинає 88 ерг енергії. У тих самих умовах м`які тканини поглинають 95 ерг, а кісткова тканина 180 ерг. В зв`язку з цим при переході від експозиційної дози до поглинутої використовують наступні рівняння:

для виявлення поглинутої дози у повітрі

$$D_{\text{пог}} = D_{\text{експ}} * 0,88 \text{ рад};$$

для виявлення поглинутої дози у м`яких тканинах

$$D_{\text{пог}} = D_{\text{експ}} * 0,95 \text{ рад};$$

для виявлення поглинутої дози в кістковій тканині

$$D_{\text{пог}} = D_{\text{експ}} * 1,8 \text{ рад}$$

В табл. 14.3 надані основні дані щодо експозиційних і поглинутих доз, які застосовуються у медицині.

Таблиця 14.3

Основні дози випромінювання, які використовуються у медицині та їх кількісне значення.

Види випромінювань	Характеристика доз випромінювань (опроміненнь)			
	експозиційна	поглинута	біологічна	еквівалентна
гама- і рентгенівське	рентген	Рад, Гр	Біологічний еквівалент рада, бер	Біологічний еквівалент рада, бер
Всі інші	Біологічний еквівалент рада, бер			
Перехідні рівняння		$D_{\text{погл}} = D_{\text{експ}} K_{\text{погл}}$	$D_{\text{біол}} = D_{\text{погл}} K_{\text{Я}} \text{ (ВБЕ)}$	$D_{\text{екв}} = D_{\text{біол}} K_1 K_2 \dots K_n$

Примітка: $D_{\text{погл}}$ - поглинута доза; $D_{\text{експ}}$ - експозиційна доза; $K_{\text{погл}}$ - коефіцієнт поглинання; $D_{\text{біол}}$ - біологічна доза; $K_{\text{Я}}$ - коефіцієнт якості випромінювання; ВБЕ - відносна біологічна ефективність; $D_{\text{екв}}$ - еквівалентна доза; K_1, K_2, \dots, K_n - коефіцієнти, пов'язані з варіабільністю умов опромінення.

Вказані вище одиниці широко застосовуються у військовій медицині радіології. Однак їх офіційно рахують частково устарівшими (позасистемними).

Системними одиницями є:

одиниця експозиційної дози гама- і рентгенівського випромінювання з енергією 3МеВ - кулон/кг ($C_{\text{и}} * K_{\text{Г}}^{-1}$);

одиниця поглинутої дози всіх видів випромінювання - джоуль/кг ($D_{\text{ж}} * K_{\text{Г}}^{-1}$).

Перехід від позасистемних до системних одиниць експозиційної і поглинутої доз випромінювань може бути проведений, виходячи з наступних співвідношень:

$$1\text{Р} = 2,58 * 10^{-4} \text{ Кл/кг}$$

$$1\text{рад} = 10^{-2} \text{ Дж/кг}$$

Окрім одиниць доз випромінювань у медичній практиці використовують одиниці активності радіоактивних ізотопів, які утворюються після ядерного вибуху чи після аварії на АЕС і випадають на місцевість у великій кількості. Цей показник використовують при визначенні ступеню радіоактивного забруднення об'єктів навколишнього середовища, яке визначається за допомогою одиниці радіоактивності - кюрі. Кюрі (Ки) - це така кількість радіоактивних речовин, у якій виникає $3,7 \cdot 10^{10}$ розпадів за секунду. Кюрі відповідає активності 1 г радія - 226 з періодом напіврозпаду 1600 років.

Найбільш частіше в практиці використовується таке поняття як питома активність. Питома активність - це активність на одиницю об'єму (1 л) чи маси (1 кг) речовини, чи розчину (Ки/л, Ки/кг).

14.5 Загальна класифікація дозиметричних приладів та методи визначення іонізуючих випромінювань

В умовах ядерної війни чи в разі руйнування ядернонебезпечних об'єктів необхідно виконувати три основних види дозиметричних вимірів: вимір рівнів радіації на зараженій території і виявлення межі кордонів зараження території за допомогою індикаторів радіоактивності, рентгенметрів, рентгенметрів - радіометрів; вимір ступеня радіоактивного зараження шкірних покривів, обмундирування, озброєння, бойової техніки, транспорту, споруд, води, продовольства тощо за допомогою рентгенметрів - радіометрів; вимір дози радіації, отриманої особовим складом і населенням при знаходженні на зараженій території або в ядерному вогнищі за допомогою індивідуальних дозиметрів.

Для цих цілей застосовуються різні дозиметричні прилади (табл. 14.4)

Таблица 14.4

Класифікація дозиметричних приладів

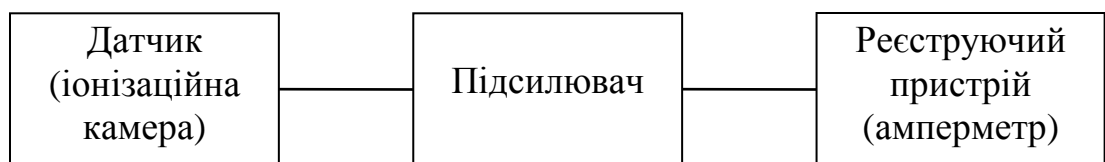
Прилад	Призначення	Яку дозу вимірює	Одиниці вимірювання
Індикатори радіоактивності (ДП-64)	Для постійного радіаційного спостереження і сповіщення про радіоактивне зараження місцевості	Потужність експозиційної дози (ПЕД)	Звуковий і світловий сигнал при рівні радіації до 0,2 Р/год
Рентгенметри (ДП-3 Б)	Вимірювання рівнів радіації на місцевості	ПЕД	Р/год
Рентгенметри-радіометри (ДП-5 В, ВПД-1, ВПД-12)	1. Вимірювання рівнів радіації на місцевості 2. Визначення ступеню радіоактивного зараження людей і	ПЕД	мкр/год, мр/год, Р/год, Ки/кг (л)

	об'єктів навко-лишнього середовища		
Індивідуальні дозиметри, комплект (ДП-22В), (дозиметри ДКП-50А) ДП-70 МП, ІД-1, ІД-11	Вимірювання доз опромінення людей	Поглинуту дозу	Р, рад

В основі роботи багатьох військових дозиметричних приладів покладено п'ять основних фізико-хімічних принципів роботи.

Іонізаційний метод заснований на властивості радіоактивних променів викликати іонізацію повітря і газів. При наявності електричного поля в іонізуючому об'ємі газу виникає іонізаційний ток внаслідок пересунення іонів, які виникли. Вимірювання величини цього току і дозволяє вимірювати дозу випромінювань.

Значна більшість дозиметричних приладів заснована на іонізаційному принципі. На малюнку 14.1 подана принципова схема устрою дозиметричних приладів.



Малюнок 14.1. Принципова схема устрою військових дозиметричних приладів.

Хімічний метод заснований на здібності радіоактивних випромінювань викликати зміни хімічного складу деяких речовин внаслідок іонізації або збудження атомів. Наприклад, при опроміненні хлороформу виникає його радіоліз:



Кількість соляної кислоти, яка створилася, може бути виявлена по зміні кольору індикатора, який додається до розчину. На хімічному методі заснована робота дозиметру ДП-70 МП.

Фотографічний метод заснований на здібності радіоактивних випромінювань викликати висвічування фотоплівки (розкладання AgBr) пропорційно дозі опромінення, що виявляються при проявленні плівки у порівнянні з еталонами.

Цей метод використовується у фотоплівочних дозиметрах. Після опромінення плівку проявляють і виявляють дозу опромінення володарем цього дозиметру, за допомогою спеціального приладу - денситомера.

Сцинціляційний метод заснований на тому, що деякі речовини (фосфор, сірчастий цинк, платиносірчастий барій, вольфрамат кальцію, нафталін, антрацен, антипирін тощо) при опроміненні починають висвітлюватись, тобто

випускати фотони, які реєструються оком у вигляді світлових спалахів - сцинціляцій. Ці світові спалахи реєструються сцинціляційним лічильником.

Люмінісцентний метод заснований на тому, що деякі речовини накопичують енергію іонізуючих випромінювань, а потім виділяють у вигляді світлових спалахів після випромінювання інфрочервоним світлом або після прогріву. Інтенсивність спалахів залежить від дози опромінення і виявляється за допомогою фотопримножувача. На цьому принципі заснована робота індивідуального дозиметру ІД-11. Недоліком цього методу є те, що для зняття дози випромінювань необхідна складна вимірювальна апаратура.

Окремо ще виділяється розрахунковий метод виявлення доз опромінення, який використовується при оцінці радіаційної обстановки за допомогою математичних розрахунків.

14.6 Біологічна дія іонізуючого випромінювання

Вивчення біологічної дії іонізуючого випромінювання почалось незабаром після відкриття рентгенівських променів. Самими ранніми працями вважаються дослідження російського вченого І.Р.Тарханова, який вже у 1896 році встановив ряд закономірностей у розвитку реакції деяких систем організму на опромінення. У 1911 р. була опублікована перша в світі монографія Е.С.Лондона "Радій в біології і медицині".

Патогенез променевої хвороби у широкому розумінні повинен охоплювати всі процеси і реакції, які виникають в організмі з моменту впливу проникаючої радіації до формування клінічної картини захворювання. Однак, у зв'язку з труднощами і різноманітністю реакції організму на опромінення, їх зручніше розглядати на слідуючих рівнях фізіологічної інтеграції: молекулярному (субмолекулярному), клітинно-тканинному, системно-організмівому.

14.6.1. Первинні механізми біологічної дії іонізуючих випромінювань

Первинні механізми біологічної дії іонізуючих випромінювань відносяться до процесів, які відбуваються на першому етапі фізіологічної інтеграції. Іонізуюче випромінювання чинить на біосубстрат пряму і непрямую дію. Пряма дія складається у безпосередньому впливі іонізуючих випромінювань на біомолекули, внаслідок чого виникає їх іонізація або збудження. Непряма дія радіації на біомолекули реалізується, в основному, через продукти радіолізу води. Оскільки біля 70% маси тіла становить вода, то під впливом іонізуючого випромінювання також відбувається радіоліз води з утворенням вільних радикалів: H^+ , OH^- і перекису водню - H_2O_2 . Вільні радикали окислюють і відновлюють молекули органічних речовин, які розчинені у воді: білків, нуклеопротейдів, ліпідів, ферментів тощо. Продукти радіолізу володіють надзвичайно високою активністю і можуть окислювати практично всі органічні

речовини, які входять до складу клітин. Питома вага прямої і непрямой дії іонізуючого опромінювання залежить від потужності випромінювання і вмісту в біоструктурах води. Вважають, що в таких структурах, як хромосоми, переважають пошкодження, обумовлені прямою дією, тоді як в розчинах і високогідратованих системах суттєву роль відіграють продукти радіолізу води. Встановлена певна залежність між пошкоджуючою дією радіації і вмістом кисню в опромінюваних тканинах. В експериментах встановлено, що радіочутливість клітин підвищується при збільшенні парціального тиску кисню і навпаки. Цей феномен отримав назву "кисневого ефекту". Механізм його до цих пір цілком не вивчений.

Пряма і непряма дія іонізуючого випромінювання призводить до зміни структури важливих високомолекулярних сполук: нуклеїнових кислот, білків, ліпопротеїдів і полімерних сполук вуглеводів. Нуклеїнові кислоти володіють надзвичайно високою радіочутливістю. Структурні зміни в ДНК наступають як внаслідок безпосередньої дії іонізуючих часток, так і при дії радикалів води, виникають одно- і двоспіральні розриви ДНК, створюються зшивки між молекулами з появою розгалужених молекул. На характерні пошкодження структури нуклеїнових кислот суттєво відбивається вид випромінювання і рівень парціального тиску кисню. Корпускулярні випромінювання викликають переважно подвійні розриви молекул нуклеїнових кислот, при низькому вмісті кисню зміни носять характер "зшивок".

Радіаційні пошкодження білка відбуваються перш за все внаслідок посилення реакцій окислення і дезамінування, протікаючих за участю окислювальних радикалів. Внаслідок чого змінюється структура і функція білкових молекул.

Радіохімічне змінення ліпідів складається у створенні вільних радикалів, перекисних сполук. Утворені радикали можуть ініціювати ланцюгові реакції окислення. Перекисні сполуки розпадаються з утворенням цілого ряду токсичних речовин.

Первинні зміни полісахаридів під дією іонізуючих випромінювань зводяться до їх окислення з наступною деполімерізацією і утворенням кислот (гіалуронової та ін.) і формальдегіду.

14.6.2 Вторинні радіобіологічні ефекти

Вторинні зміни, що розвиваються в організмі після опромінення, характеризуються складними біохімічними, фізіологічними і морфологічними порушеннями, що виникають спочатку на клітинному, а в наступному - на органному і системному рівнях. Порушення функцій органів і систем призводить до зміни стану організму в цілому, формуванню загального захворювання - променевої хвороби.

Головне значення у розвитку вторинних ефектів надають порушенням обміну нуклеїнових кислот і нуклеопротеїдів, які входять до складу хромосом і

регулюють передачу спадкових ознак, процеси синтезу тканинних білків і ферментів, ліпідів, проліферацію клітин тощо.

Наступаючі в подальшому зміни клітинного обміну призводять до пошкодження цілосності клітинних і внутрішньоклітинних мембран, сприяючи розвитку і поглибленню патологічних процесів у клітині. На пошкоджених біомембранах змінюється упорядкованість розташування ферментів і протікання складних ферментативних реакцій, які характеризуються пригніченням синтезу і активацією катаболічних процесів. Вихід протеолітичних ферментів із органел (лізосом) через змінені мембрани являється причиною аутолізу клітин.

При дії смертельних доз радіації клітина під мікроскопом виглядає в загальних рисах так, ніби-то вона була вбита високою температурою або сильною отрутою: порушується цілісність і гладкість її оболонки (плазматичної мембрани), мембран ядра і інших клітинних органел, ядро ущільнюється, розривається або навпаки, розріджується. При менших дозах радіації клітина залишається живою, однак, в її органелах відбуваються більш або менш істотні зміни, перш за все у клітинному ядрі. Змінення активності ферментів на фоні порушення вуглеводного обміну зменшують синтез макроергічних сполук, внаслідок чого розгалуджується протікання окислювально-відновлювальних процесів. Внаслідок зміненого обміну речовин в організмі накопичуються різноманітні сполуки, які володіють токсичними властивостями і підсилюють обмінні порушення, які з`являються на первинному етапі радіаційної дії.

Характер реакції клітин (тканин) залежить від ступеня чутливості до іонізуючого випромінювання. Було встановлено, що радіочутливість окремих тканин прямо пропорційна мітотичній активності і зворотно пропорційна ступеню диференціації клітин. Ця закономірність отримала назву імен вчених, що описали її, закону Бергон`є і Трібонда. Відповідно до цього правила, всі тканини в убуваючому по радіочутливості порядку можуть бути розміщені наступним чином: лімфоїдна, міелоїдна, гермінативний, кишечний і покривний епітелій, секреторні клітини травних і ендокринних залоз; сполучна, м`язева, хрящова, кісткова і нервова тканини. Подальші дослідження показали, що, і так звані, радіорезистентні тканини з низькою або навіть нульовою мітотичною активністю пошкоджуються іонізуючим випромінюванням. Ці пошкодження виявляються у більш пізніші після опромінення строки і мають значення у формуванні віддалених наслідків, суттєво не впливаючи на безпосередньо-променевої реакції.

Кровотворна система в силу радіочутливості є критичним органом, ураження якого лежить в патогенезі і клініці променевої хвороби. До критичних органів відносяться також кишечник і ЦНС. В основі загибелі клітин радіочутливих тканин лежить порушення обміну нуклеопротейдів, внаслідок чого спостерігається масова загибель клітин в інтерфазі (інтеркінетична загибель), після декількох поділів (репродуктивна загибель), а також порушення мітотичної активності. Аплазія кісткового мозку, що розвивається внаслідок цього, обумовлює появу панцитопенії і інших

характерних для променевої хвороби ознак ураження кровотворної системи (геморагічний синдром, інфекційно-запальні ускладнення).

Можливість постпроменевого відновлення кровотворіння, як і відновлення інших високорадіочутливих тканин, залежить від ступеня ураження стовбурових клітин. Доказано, що для відновлення кровотворіння достатньо

1-0,1% стовбурових клітин. Регенеративні зрушення при не смертельних ураженнях у кістковому мозку виявляються вже через 1,5-2 години після ураження.

Із поданого вище витікає два важливих положення:

1. Взаємодія іонізуючого випромінювання з живою речовиною відбувається за законами фізики і супроводжується збудженням та іонізацією атомів та молекул і первинними радіохімічними процесами (реакціями). Але це лише первинна дія радіації.

2. Іонізація атомів і молекул є лише пусковим механізмом для вторинних процесів, які розгортаються потім у живому організмі і відбуваються за біологічними законами. Тому ефективність біологічної дії іонізуючих випромінювань оцінюють з позиції важкості цих вторинних пошкоджень.

Крім загального зовнішнього опромінення завжди потрібно пам'ятати про внутрішнє опромінення і їх поєднану дію.

14.7 Гостра променева хвороба (ГПХ)

Гостра променева хвороба - загальне захворювання, яке виникає як результат загального зовнішнього опромінення, зовнішнього опромінення частини тіла або як результат внутрішнього опромінення після поглинання радіоактивних елементів за рахунок інгаляції або повз шлунково-кишковий тракт. Також, при формуванні вказаної дози не можна не враховувати і той факт, що при нейтронному опроміненні організму за рахунок нейтронів виникають явища наведеної радіації з боку складових нестабільних елементів організму (натрій, фосфор, калій тощо), які мають порівняно короткий період напіврозпаду. Наприклад, для фосфору він рівний 14,3 дні, для натрію - 15 годин. Нестабільний ізотоп фосфору стає β -випромінювачем, а ізотоп натрію - β і γ -випромінювачем. При ядерному вибуху питома вага у формуванні дози за рахунок радіоактивного натрію складає приблизно 1% від загальної іонізації

Слід зауважити, що при вибухах ядерної зброї при визначенні в реальній практиці інкорпорованою дозою зневажають, тому що її відсоток від загального зовнішнього опромінення незначний. Звідси всі військові дозиметри розраховані на сприйняття g^{-n} опромінення, за рахунок якого формується доза при зовнішньому опроміненні.

Важкість розвитку ГПХ залежить від сумарної дози загального опромінення. При опроміненні в дозі до 1 Гр не виявляється чітких клінічних симптомів. При відносно рівномірному опроміненні ГПХ I (легкого) ступеня виникає при дії 1-2 Гр, II (середнього) ступеня - 2-4 Гр III (важкого) ступеня -

4-6 Гр і при IV (крайньо важкого) ступеня - понад 6 Гр. Також при опроміненні понад 10 Гр виділяють: кишкову форму (10-20 Гр), токсичну форму (30-50 Гр) і церебральну форму (50-100 Гр).

У розвитку ГПХ спостерігається чотири періоди:

початковий період - період первинної реакції;

прихований період або період відносного клінічного благополуччя;

період розпалу хвороби;

період відновлення.

Початковий період захворювання характеризується наявністю ознак гострих порушень функціональних станів нервової, серцево-судинної систем і шлунка; розвитком симптомів порушення радіочутливих тканин і клітин (початкова лімфопенія, зменшення кількості мітозів, підвищений цитоліз). Незабаром після опромінення з'являються нудота і блювота, головний біль, загальна нежить, запаморочення, інколи серцебиття і біль в області серця. При об'єктивному обстеженні спостерігається гіперемія обличчя, лабільність вазомоторів, тахікардія, підвищення у перші години артеріального тиску, яке потім має тенденцію до зниження, у важких випадках може спостерігатись субіктеричність склер, порушення координації рухів, поява вогнищних неврологічних симптомів, підвищення температури тіла. При обстеженні крові виявляється нейтрофільний лейкоцитоз із зсувом ліворуч, абсолютна лімфопенія. Первинна реакція продовжується від декількох годин до двох-трьох діб. Швидкість її появи, вираженість і продовженість залежать від важкості ураження. Найбільш чітка залежність існує між ступенем опромінення і важкістю блювоти - чим більше вона нестерпна, тим вище доза опромінення.

Період відносного клінічного благополуччя починається з моменту затухання первинної реакції (закінчується нудота і блювота, зменшується або зникає головний біль, різко покращується загальне самопочуття). Продовження прихованого періоду різний: у крайньо важких випадках уражень практично він відсутній, а при легких - продовжується 4-5 тижнів.

Період розпалу хвороби характеризується розвитком найбільш глибоких порушень конкретних органів і тканин в залежності від тканинної дози опромінення: кровотворної тканини при опроміненні в дозі до 10 Гр, слизової кишечника - в дозі понад 10 Гр, шкіри - при її опроміненні в дозі 15 Гр. Головним клінікогематологічним синдромом періоду розпалу при опроміненні у дозах в межах 1-10 Гр є гематологічний синдром, який виявляється у легких випадках уражень помірною лейкопенією і тромбоцитопенією, а у важких випадках - різко вираженою лейкопенією, зниженням кількості лейкоцитів нижче за 1000 в 1 мм³ крові і агранулоцитозом з розвитком супутних йому інфекційно-некротичних ускладнень: кровотечій, анемії, глибоких трофічних і обмінних порушень. Період розпалу продовжується від 1,5 - 2 до 2,5-3 тижнів.

У цьому періоді, при несприятливому перебігу захворювання, може стати летальний кінець, причиною якого частіше всього є інфекційні ускладнення з розвитком променевого сепсису, кровотечі і крововиливу в життєво важливі органи.

При благоприємному наслідку настає довгий період відновлення, котрий починається, звичайно, з появою ознак регенерації кровотворення. Відновлення функціонального стану різних органів і систем проходить неодинаково. Період відновлення протікає від декількох місяців до року і характеризується одночасною наявністю стрімких регенеративних процесів в органах кровотворення, стійкою функціональною недостатністю і підвищеною виснагою нервової і ендокринної систем. Приблизно через рік настає або повне клінічне видужання, або видужання з дефектом, з необоротним зниженням функціональних можливостей ряду систем. Функціональні і морфологічні зміни, які зберігаються більше року, розглядаються як віддалені наслідки променевої хвороби (соматичні або генетичні).

Гостра променева хвороба I ступеню (легка 1-2 Гр) характеризується відсутністю чітко виражених періодів. Первинна реакція слабка або відсутня, виявляється у окремих хворих нудотою або одноразовою блювотою, яка настає через 3-5 годин після опромінення, помірним головним болем і загальною нежиттю.

Латентний період подовжений, і на протязі його у хворих зберігається добрий загальний стан і самопочуття. У периферичній крові виявляється незначна лімфопенія, лейкоцитопенія, тромбоцитопенія. Період розпалу захворювання настає на 5-6-ому тижні і триває ще 1-2 тижні. погіршується самопочуття, з'являються ознаки вегето-судинної дистонії і астенізації: загальна слабкість, головний біль, погіршується апетит. Вміст лейкоцитів знижується до 2-3 тис., а тромбоцитів - до 80 тис. у 1 мм^3 крові. Геморагічний синдром, епіляція і інфекційні ускладнення відсутні. Настає, як правило, повне клінічне одужання з відновленням праце- і боєздатності.

Гостра променева хвороба II ступеня (середньої важкості - 2 Гр - 4Гр). Первинна реакція достатньо виражена і виявляється нудотою, блювотою, помірною загальною слабкістю, головним болем, інколи субфібрильним підвищенням температури тіла, помірною гіперемією шкіри і ін'єкцією склер. Нудота і блювота - провідні ознаки опромінення, які виникають через 30 хв. - 3 год. і зберігаються на протязі 4-6 год. Інші симптоми первинної реакції тривають на протязі 1-2 діб. Прихований період триває до 3-5 тижнів. В цей час у хворих виявляється помірна астенізація і вегето-судинна дистонія, а також прогресуюче зниження вмісту лейкоцитів, тромбоцитів і порушення у згортуючій системі крові. Період розпалу продовжується до 2-3 тижнів. У цей період спостерігається виражена загальна слабкість, субфібрильне підвищення температури тіла, прискорення пульсу, гіперемія і припухання ясен, випадіння волосся. Геморагічний синдром в період розпалу захворювання найчастіше відсутній. У кістковому мозку виявляється різке пригнічення кровотворення (картина гіпоплазії). Зміна периферичної крові має закономірний характер і виявляється в зменшенні кількості лімфоцитів через 48-72 год до $500-1000$ клітин в 1 мм^3 (6-20%), зниженні кількості лейкоцитів на 7-9 добу до 2000-3000, тромбоцитів на 20 добу менш за 80000, розвитку різко вираженої лейкопенії (менш за 1000 лейкоцитів в 1 мм^3 на 20-32 добу).

Період відновлення починається з появи ознак відновлення кровотворення і зниження температури тіла. Відновлення порушених функцій проходить повільно. Орієнтовно можна рахувати, що у 50%, які перенесли ГПХ II ступеню може відновлюватися боє- і працездатність.

Гостра променева хвороба III ступеню (важка 4-6 Гр). Первинна реакція виражена, виникає після опромінення через 30 хв-3 год. і виявляється вторинною блювотою, сильною загальною слабкістю, періодично виникаючим сильним головним болем, сухістю в роті, гіперемією шкіри обличчя, ін'єкцією склер, субфібрилітетом, лабільністю пульсу, тахікардією, порушенням серцевого ритму і зниженням артеріального тиску. Блювота виникає через 30 хв -3 годин і повторюється на протязі 4-6 годин.

Симптоми первинної реакції з'являються тим раніше, чим більше дози опромінення. При опроміненні в дозі 5 Гр може з'явитися менінгіальний синдром, обумовлений набряком оболонок головного мозку. Він характеризується сильним головним болем, світлобоязливістю, виникненням болю при русі очних яблук. Виникає збудження симпатичної нервової системи і наднирків. Вже через 5-6 год після опромінення, в період первинної реакції, в периферичній крові виявляється нейтрофільний лейкоцитоз і відносна лімфоцитопенія. На 2-3-у добу лімфоцитопенія досягає 2-5%.

Прихований період при ГПХ III ступеню продовжується 8-20 діб і характеризується відносним клінічним благополуччям: покращенням загального самопочуття, зникненням нудоти і блювоти, зменшенням головного болю і головокружіння, зникненням гіперемії шкіри і склер. Але у прихованому періоді триває помірна загальна слабкість, підвищена втома, розлад сну і апетиту, спостерігається лабільність пульсу, зниження артеріального тиску. В периферичній крові прогресує зниження вмісту лейкоцитів і тромбоцитів. Виникає аплазія кісткового мозку, рідко зменшується кількість мієлокаріоцитів.

Період розпалу починається на 2-3 тижні і продовжується 1-3 тижні. Стан хворих швидко погіршується: зростає загальна слабкість, погіршується апетит, порушується сон, з'являється лихоманка і геморагічний синдром. На 2-3 тижні починається випадіння волосся на голові, лобку і в пахвах. В периферичній крові - лейкоцитопенія, лімфоцитопенія і тромбоцитопенія, що призводить до значного зниження імунітету і виникнення інфекційних ускладнень (пневмонії, некротичної ангіни і сепсису). Виникає оральний синдром - ерозії і виразки на слизовій оболонці роту і глотки, які важко переносяться хворими. Може розвинути променевої ентерит, обумовлений ураженням епітелію ворсинок, що веде до порушення травлення у кишечнику. Аплазія кісткового мозку і глибока тромбоцитопенія призводять до крововиливів у слизові оболонки ротової порожнини, в шкіру внутрішніх поверхонь стегон і згинальної сторони передпліччя. Виникають масивні кровотечії з носоглотки, слизових кишечника, нирок, сечовивідних шляхів. Можливий крововилив у мозок, субарахноїдальний і субдуральний простір. Кількість лейкоцитів периферичної крові може зменшитись до 1000-2000 клітин в 1 мм³, зростає анемія,

тромбоцитопенія (до 10000 в 1 мм³), різко прискорюється швидкість осідання еритроцитів (ШЗЕ) до 50-70 мм за годину. Настає різке спустошення кісткового мозку - кістковомозкова тканина зменшується до 3-5% при нормі 50% по площині. У період розпалу захворювання можливо (при дозі опромінення 5Гр і більше) розвиток набряку головного мозку, котрий супроводжується блювотою, збудженням і порушенням свідомості. Летальний кінець може виникнути внаслідок зростання загальної інтоксикації, набряку головного мозку, профузної кровотечі або крововиливу в життєвоважливі органи, і розвитку інфекційних ускладнень.

Період відновлення при благоприємній течії захворювання починається з 4-6 тижня після опромінення з виникненням у периферичній крові ретикулоцитів, паличкоядерних нейтрофілів, метамієлоцитів, в меншому ступені мієлоцитів і промієлоцитів. Нормалізується температура тіла. Збільшується кількість тромбоцитів, зникають геморагії.

Покращується самопочуття, зникає головний біль, зменшується загальна слабкість, відновлюється апетит і сон. Але у деяких хворих на довгий час зберігаються астеновегетативні порушення (синдром), котрі виявляються загальною слабкістю, зниженням фізичної і розумової працездатності, зниженням пам'яті, нестійкістю пульсу і артеріального тиску. У більш рідких випадках спостерігались вегетативно-судинні кризи і дієнціфальний синдром.

Гостра променева хвороба IV (вкрай важкого) ступеня (більш 6 Гр). Звичайно через 10-30 хв після опромінення з'являється багаторазове і виснажлива блювота, яка подовжується більше 6 год. Одночасно виникають інші симптоми первинної реакції: виражена загальна слабкість, стійкий головний біль, запаморочення. Спостерігається різка гіперемія шкіри і ін'єкція склер, лихоманка, тахікардія і гіпотонія. Латентний період скорочений або зовсім відсутній, первинна реакція відразу переходить у розпал захворювання. Виникає агранулоцитоз і тромбоцитопенія, що призводить до стійкої лихоманки і кровоточивості. На 1-2 тижні після опромінення більшість хворих гине.

Кишкова форма гострої променевої хвороби (10-20 Гр). Первинна реакція виникає у перші хвилини, триває 3-4 доби, має дуже тяжкий перебіг. Характерний біль у животі, озноб, підвищення температури тіла, артеріальна гіпотензія. У перші кілька діб часто спостерігаються рідкі випорожнення, пізніше можуть бути ентерит і динамічна кишкова непроходимість. У перші 4-7 діб різко виражений оро-фарингіальний синдром у вигляді виразкового стоматиту, некрозу слизової оболонки порожнини рота і зіву. На 5-8 добу стан хворого різко погіршується. Спостерігаються підвищення температури тіла до 39-40⁰ С, важкий ентерит, зневоднення, загальна інтоксикація, інфекційні ускладнення, кровоточивість. Летальний кінець настає на 8-16 добу.

Токсемічна форма гострої променевої хвороби (30-50 Гр). Первинна реакція визначається з перших хвилин. Можливі короткочасна втрата пам'яті й порушення рухової активності. Вже в першу й особливо наступну добу

відзначаються важкі гемодинамічні порушення - різко виражена артеріальна гіпотонія й колаптоїдний стан.

Загальна інтоксикація розвивається внаслідок глибокого порушення обмінних процесів і розпаду тканин кишечника, слизових оболонок, шкіри. Поряд із розладами загальної динаміки порушується функція нирок, що виявляється олігурією, підвищенням рівня залишкового азоту і сечовини в крові. Летальний кінець настає на 4-7 добу.

Токсемічна форма ГПХ, власне, є результатом подальшого поглиблення патологічних процесів, обумовлених деструкцією більш резистентних тканин. Аутоінтоксикація при цьому досягає крайнього ступеня вираженості. Згодом, закономірно приєднуються ендогенна і екзогенна інфекції. У зв'язку з різким зниженням тону судин, яке супроводжується вираженою гіпотонією (у зв'язку з інтоксикацією і інфекцією), деякі дослідники називають цю форму ГПХ судинною.

Церебральна форма гострої променевої хвороби (50-100 Гр). Цю форму ще називають блискавичною променевою хворобою. Для цієї форми характерний колапс із втратою свідомості, зниженням артеріального тиску. Клінічно виявляється шокоподібною реакцією з вираженою гіпотонією, ознаками набряку головного мозку, анурією. Блювання і пронос носять виснажливий характер. Виділяють такі синдроми захворювання: 1) судомно-паралітичний; 2) аліментарно-гіпокінетичний; 3) дискуляторний з порушенням центральної регуляції ряду функцій внаслідок ураження нервових центрів.

Летальний кінець при церебральній формі ГПХ настає у перші 3 доби, інколи у перші години.

Диференційна діагностика ГПХ згідно основних клінічних симптомів початку захворювання і змін периферійної крові приведена в таблицях 14.5, 14.6.

Прогноз ГПХ у залежності від дози опромінення приведений в таблиці 14.7.

Таблиця 14.7

Прогноз ГПХ у залежності від дози опромінення

Доза, Гр	Клінічна форма	Ступінь важкості	Прогноз для життя
1 - 10	Кістково-мозкова		
1 - 2		1 (легкий)	Абсолютно сприятливий
2 - 4		2 (середній)	Відносно сприятливий
4 - 6		3 (важкий)	Сумнівний
6- 10		3 (вкрай важкий)	Малоймовірний
10 - 20	Кишкова	3 (вкрай важкий)	Малоймовірний (смерть через 7-10 діб)
20 - 80	Токсемічна	4 (вкрай важкий)	Абсолютно несприятливий (смерть через 4-7 діб)

> 80	Церебральна	4 (вкрай важкий)	Абсолютно несприятливий (смерть через 1-3 доби)
------	-------------	------------------	---

14.7.1 Особливості гострої променевої хвороби при нерівномірному опроміненні

У бойовій обстановці при застосуванні ядерної чи термоядерної зброї, а також при аваріях на ядерно-небезпечних об'єктах, невиключена можливість нерівномірного (сегментарного) опромінення військовослужбовців (ліквідаторів), які до кінця не виконали заходи безпеки щодо захисту від g - h - випромінювання під час вибуху (аварії). І тому можливе опромінення окремих частин тіла.

Особливості клінічної картини захворювання будуть залежати від опромінення критичних органів.

Періоди променевої хвороби і пригнічення кістково-мозкового кровотворення при нерівномірному опроміненні слабше виражені.

Опромінення головної частини тіла викликає первинну реакцію і в меншому ступені пригнічення гемопоєзу.

При дозі 10 Гр виникає набряк мозку, неврологічні порушення і різко визначений оральний синдром, котрий виявляється виразково-некротичними змінами слизової порожнини рота і носоглотки.

При опроміненні грудного сегменту тіла первинна реакція слабо виражена, а кістково-мозкове кровотворення по стернальному пунктату чітко пригнічено.

При опроміненні черевного сегменту тіла переважають симптоми ураження органів черевної порожнини: сегментарний радіаційний коліт, ентерит тощо. Кістково-мозковий пунктат кровотворними елементами бідний тільки в тих кістках, котрі були опромінені. Тому при нерівномірному опроміненні необхідно робити кістково-мозкову пункцію не тільки грудної, але і кубової, п'яркової кістки тощо.

Таким чином, для нерівномірного опромінення характерна різка вираженість наступних синдромів розпалу ГПХ: гематологічного, неврологічного, кишкового, орального і місцевого радіаційного ураження шкіри.

14.7.2 Місцеві радіаційні ураження

Місцеві радіаційні ураження виникають як результат дії надто великих доз гама - нейтронного випромінювання на окремі ділянки тіла і попадання на шкіру бета- і альфа- випромінювачів при високих ступенях забруднення.

Місцеві радіаційні ураження протікають циклічно: 1-й період - ранньої променевої реакції; 2-й період - прихований; 3-й період - гострого запалення шкіри і 4-й період - загоєння.

В залежності від дози опромінення виділяють 3 ступеня важкості місцевого променевого ураження:

1-й ступінь - легке ураження шкіри виникає при місцевій дії опромінення в дозі 8-10 Гр і характеризується виникненням еритеми (еритематозний дерматит);

2-й ступінь - ураження середнього ступеня важкості при місцевій дії в дозі понад 15 Гр, що призводить до виникнення ексудативного (бульозного) дерматиту;

3-й ступінь - важке ураження виникає при місцевому опроміненні в дозі понад 25 Гр і характеризується глибоким виразково-некротичним дерматитом.

Слід зауважити, що глибокі пошкодження шкіри погано підлягають лікуванню, терміни загоєння можуть коливатися від декількох місяців до 1-2 років.

14.7.3 Особливості клінічного протікання комбінованих уражень при ядерних вибухах

При сполученні радіаційного ураження з травматичним і опіковим шоком виникає синдром взаємного обтяження патологічних процесів і істотне погіршення стану постраждалих.

Травма і опік, окрім цього, викликають деякі особливості в протіканні ГПХ: зміна реакції кровотворної системи, зсув у термінах окремих синдромів (загальної інтоксикації, інфекційних ускладнень тощо), підвищення частоти випадків шоків станів.

Променева ураження в свою чергу викликає вплив на протікання травм і опіків. При цьому кількість гнійних ускладнень підвищується і дуже повільно протікає загоєння, що пов'язано з пригніченням імунобіологічної реактивності організму.

При комбінованих ураженнях один з його компонентів, звичайно, є провідним, тому розрізняють: комбіновані радіаційні, травматичні і опікові ураження.

В Хіросімі і Нагасакі комбіновані ураження спостерігались, приблизно, у 40% постраждалих. На підставі аналізів вибухів в Японії і на Бікіні можна подати приблизний перелік основних видів радіаційних уражень (табл. 14.8).

Класифікація уражень іонізуючими випромінюванням при ядерних вибухах

Радіаційні фактори ядерного вибуху і види уражень		
Проникаюча радіація вибуху	Радіоактивні опади в період їх випаду	Випромінювання на місцевості, забрудненої радіоактивними опадами
1. Ізольовані ураження гама-випромінюванням: гостра променева реакція, ГПХ, найгостріша променева хвороба, переважно локальне променеве ураження	1. Ураження шкіряних покривів слизових оболонок внаслідок їх забруднення випадуючими радіоактивними частинками	1. Загальне ураження організму гама-випромінюванням: гостра променева реакція, ГПХ, найгостріша променева хвороба
2. Ізольовані ураження змішаним гама-нейтронним випромінюванням: гостра променева реакція, гостра променева хвороба, найгостріша променева хвороба, переважно локальне променеве ураження	2. Ураження щитовидної залози в наслідок проникнення в організм (інгаляційно) радіоактивного йоду	2. Ураження шкіряних покривів в наслідок дистанційної і контактної (при сильному пілеутворенні) дії бета-випромінювання
3. Комбіновані радіаційні ураження (як результат одночасної дії інших уражаючих факторів - повітряної ударної хвилі і світлового випромінювання): гостре променеве ураження у сполученні з механічною травмою; гостре променеве ураження у сполученні з опіком шкіряних покривів слизових оболонок; гостре променеве ураження в сполученні з механічною травмою і опіком шкіряних покривів і слизових оболонок		3. Променеве ураження, зумовлене попаданням радіоактивних частин в середину організму (найчастіше в сполученні з променевою хворобою від зовнішнього гама-опромінення)

В ряді випадків променеві ураження будуть мати деякі особливості, пов'язані з просторовими факторами, збігом часу і іншими умовами.

Таблиця 14.5

**Диференційна діагностика ГПХ різного ступеня важкості згідно клінічних симптомів
на початку захворювання**

Ступінь важкості і доза в Гр	Блювота			Загальна слабкість	Температура тіла	Тривалість прихованого періоду
	час виникнення	частота	тривалість			
I-легка (1-2 Гр)	нема або через 3 год	одноразово	одноразово	легка	нормальна	5-6 тижнів
II-середня (2-4)	через 30 хв. - 3 год.	2 рази і частіше	4-6 год.	помірна	субфібрильна	3-5 тижнів
III-важка (4-6)	через 30 хв. - 3 год.	багаторазово	4-6 год.	виражена	субфібрильна	1-3 тижнів
IV-вкрай важка (понад 6 Гр)	через 10-30 хв.	багаторазово	більш за 6 год.	дуже виражена	субфібрильна і фібрильна	відсутній або до 1 тижня

**Диференційна діагностика ГПХ різного ступеня важкості
згідно змін перифірійної крові**

Ступінь важкості в Гр	Кількість лімфоцитів через 48-72 год. після опромінення	Кількість лейкоцитів на 7-9 добу після опромінення	Кількість тромбоцитів на 20 добу після опромінення	Час виникнення різко вираженої лейкопенії (1000 лейкоцитів і менш в 1 мм^3 крові)	Термін обов'язкової госпіталізації
I-легка (1-2 Гр)	більш 20% (більш 1000 в 1 мм^3 крові)	більш 3000 в 1 мм^3 крові	більш 80000 в 1 мм^3 крові	нема різко вираженої лейкопенії	можливо на 28-32 добу
II-середня (2-4)	6-20% (500-1000 в 1 мм^3 крові)	2000-3000	менш за 80000	20 - 32 доба	з 20 доби
III-важка (4-6)	2-5% (200-400 в 1 мм^3 крові)	1000-2000	-	8 - 20 доба	з 8 доби
IV-вкрай важка (понад 6 Гр)	0,5-1,5% (менш за 100 в 1 мм^3 крові)	менш за 1000	-	до 8 доби	з 1 доби

