

617.7-001.28:612.014.482.6

POŠKOZENÍ OKA PŘI VÝBUCHU NEUTRONOVÉ BOMBY

Pik. MUDr. Luděk CIGÁNEK, mjr. MUDr. Jiří PÁSTA
Oddělení pro nemoci oční s ambulantní částí
Ústřední vojenské nemocnice v Praze
(náčelník: plk. MUDr. Luděk Cigánek)

Po zavedení neutronové bomby do výzbroje americké armády byly v široké míře zkoumány účinky neutronového záření na organismus. Jelikož zrak je pro bojeschopnost vojáka jedním z nejdůležitějších smyslů, pokusili jsme se shrnout účinky gama a neutronového záření na oko.

Primární i sekundární postižení oka je rozděleno podle jeho jednotlivých anatomických součástí. Do úvahy jsme vzali i poruchy funkce.

1. Poškození kůže a zevního oka

Po expozici 6,5 Gy se objeví v rozmezí 24 h jemný a prchavý časný erytém. Po latentní periodě 10–28 dnů může nastat hyperemická reakce pozůstávající z úporného erytému jasně šarlatové barvy, ten může mít i purpurový odstín. Pak kůže vyschne a deskvamují se povrchové vrstvy epidermis a dochází k fibrinózní exudaci s tvorbou krust. Reepitelizace je provázená vyblednutím erytému a návratem k normálu, ale otok může vydržet ještě několik měsíců. Poškozením aktivních buněk folikulů dojde k vypadání řas a obočí. Při vysoké dávce je proces ireverzibilní. Je-li dávka řádově desítky Gy, objeví se v ozářené části hnědá indurace a kůže je hyperkeratotická nebo hladká, atrofická, suchá a lesklá s nepravidelnými pigmentacemi a depigmentacemi, devaskularizací nebo s dost zřejmými pavoučkovitými teleangiektasiemi, tj. radiodermatitida. V takové oblasti se může za 2–30 let po expozici vyvinout squamózní karcinom.

2. Účinek na spojivku

Bezprostřední reakcí spojivky na poškození opět řádově desítkami Gy je akcentovaný edém a chemóza. Rozvoj hyperémie a edému je obvykle doprovázen opuchnutím a erytémem kůže a víček a vždy doprovázen sekrecí, která může být i mukopurulentní. Hyperémie a circumkorneální změny nastupují 5.–7. den, che-

móza dosahuje maxima 10.–12. den, řasy vy-
padávají 10.–20. den. Někdy vzniká v ozářeném poli (40–60 Gy) žlutá oblast difteroidní membrány červeně ohraničená. Chemóza se obvykle objevuje v dolním fornixu a překrývá dolní polovinu rohovky. Pozdní efekt velkých dávek (70 Gy) je charakteristický — konjunktivální injekce přetrvává měsíce až roky a po několika měsících dochází k jizvení až symblefaronům a atrofii bulbu. To je spojeno se sy „dry eye“.

3. Účinek na rohovku

Při dávkách desítek Gy (40 a více) pozorujeme jako akutní postiradiační reakce tečkovité eroze epitelu, větší komplikací je větší nebo úplné odloučení epitelu či syndrom „dry eye“ po redukci nebo zástavě slzné sekrece. První známkou radiační keratopatie je hypestézie, která může vyústit v úplnou anestézii, trvající několik týdnů až měsíců. Po několika týdnech se objevují první známky radiační keratitidy — ztráta lesku, která může rychle přejít ve ztrátu epitelu, někdy v mnohočetnou punctate keratitis, ale většinou se při dávkách 40–60 Gy vyvine jeden nebo více vředů se zkalením intersticia. Typické pro vřed je bezbolestné postižení většiny tloušťky rohovky — může být centrální nebo marginální, v pozdních fázích circumferentiální. Ulcerované plošky mohou splývat, až je prakticky zasažena celá rohovka. V pozdní fázi lze pozorovat intersticiální keratitidu se zkalením stromatu a novotvořením cév, někdy vznikne rozsáhlá nekróza rohovky s perforací a následnou extruzí duhovky a čočky. Reparační procesy jsou torpidní a pomalé.

4. Postižení skléry

Sklerární postižení je velmi neobvyklé díky avaskularizaci této tkáně a nastává až při hodnotách okolo 400–600 Gy.

5. Působení na uveu a retinu

Většina autorů zastává názor, že velké dávky působí cévní změny duhovky a ciliárního tělesa, kdežto tkáň retiny a optického nervu jsou na radiační trauma mnohem méně citlivé. V tomto jsou porovnatelné s mozkovou tkání. Ve srovnání s poměrně častým poškozením předního segmentu je incidence klinické léze uvey a retiny malá. Reakce zadního segmentu přichází při ozáření oka velkými dávkami (40 až 70 Gy), kdy dochází k charakteristickému radiačnímu syndromu většinou po 3–6 měsících (obliterace malých retinálních cév, disturbance retinálního pigmentu, novotvoření cév, opakované hemoragie do sklivce, rubeosis iridis a eventuálně zvýšení NT). Minimální dávka nutná k poškození čípků je 100 Gy, tyčinek 20 Gy — tato dávka již může způsobit lézi sítnice.

6. Působení na sklivce

Po dávce 10–20 Gy dochází ve sklivci k depolymerizaci mukopolysacharidů a částečnému zkapalnění gelů. Při nižších dávkách (5–10 Gy) je časnou změnou objevení velkého počtu buněk, protože nastává značná a dlouhodobá exudace do sklivce. Z klinického hlediska pozorujeme dvě hlavní komplikace: 1. retrakci sklivce, která je řídká a nastupuje několik měsíců po ozáření celého oka, a 2. hemoragie do sklivce.

7. Působení na nitrooční tlak

Těžké ozáření (13 Gy) někdy způsobí vzrůst nitroočního tlaku až absolutní glaukom. Zvýšení NT může být spojeno s iridocyklitidou a někdy s hypémií, jindy může být způsobeno radiačními změnami cév. V těchto případech byly nalezeny rozsáhlé trombózy cév duhovky a řasnatého tělesa, dále degenerace a depigmentace ciliárního epitelu, jindy atrofie a depigmentace ciliárního tělesa s ucpáním Schlemmova kanálu pigmentem.

8. Působení ionizačního záření na čočku

Dospělá čočka vykazuje změny v subkapsulárním epitelu a otok degenerujících lamel v ekvátoru. Tyto změny zasahují do zadního kortexu. Změny se pozvolna šíří i do axiální části a postupně se vyvíjí radiační katarakta. Nejmenší dávka pro vznik radiační katarakty je asi 5–6 Gy, podle některých autorů stačí u některých osob i 2 Gy, a její vznik lze očekávat nejdříve za 2–3 měsíce.

9. Sekundární postižení oka při ozáření jiných tělových orgánů

Tyto změny v oku vznikají poškozením radiosenzitivnějších tkání, než je oko, zvláště krev-

ních elementů. Vznikají mnohočetné subkonjunktivální hemoragie, ale nejvíce poškozena je retina, kde při akutním radiačním syndromu nacházíme v 50 % hemoragie a exudáty. Je zřejmá vaskulární dilatace s mnohočetnými a častými hemoragiemi a serózními exudáty tvořícími koagule v přední komoře a ve sklivci, objevují se generalizované mononukleární infiltráty, v cévách nacházíme velké množství bacilů, protože může být přítomno velké množství ložisek septické chorioiditidy. Retinální hemoragie jsou obvykle plaménkovité, masívní, mohou být i hemoragie preretinální, subchorioideální či sklivcové. Retinální exudáty jsou obvykle chomáčkovité a jsou umístěny v blízkosti papily. Když pacient přežije útlum hematopoézy a nebezpečí septicémie, mají oční média tendenci k projasnění a permanentní reziduální poškození nebývá pozorováno.

10. Blesková slepota — „flash blindness“

Tento syndrom vzniká při pohledu do zářící koule výbuchu, kdy dochází k okamžité slepotě zničením nebo poškozením centrální krajiny teplem vznikajícím při fokuzaci světelných kvant. Velikost poškození je závislá především na vzdálenosti pozorovatele od místa výbuchu.

Závěr

Poškození oka ionizujícím zářením můžeme rozdělit na časné a pozdní. Vznik prvních očních změn však můžeme očekávat až při poměrně vysokých dávkách 2–5 Gy, lze tedy o nich uvažovat jen při izolovaném ozáření hlavy, neboť po celotělovém ozáření tak vysokými dávkami pacient umírá pro poškození jiných systémů daleko dříve, než se oční příznaky stačí rozvinout.

Z pozdních následků se jedná hlavně o vznik radiační katarakty, při vysokých dávkách postihujících izolovaně oko vzniká radiodermatitida víček, která může eventuálně přejít v nádor, vznikají symblefarony, syndrom „dry eye“, dále může dojít k retrakci sklivce, vzniku glaukomu a event. až k vývoji radiačního syndromu.

Změny akutní, jak bylo předesláno, lze očekávat od dávek 2–5 Gy. Nejcitlivější je spojivka, která při této dávce může reagovat konjunktivitidou a chemózou. Je-li spojivka takto postižena, můžeme později očekávat vznik radiační katarakty. Průběh akutního radiačního syndromu je v 50 % komplikován poškozením oka plynoucím z léze krvevorných orgánů. Sklivce též reaguje až při dávkách okolo 5 Gy. Akutní změny nastávající při těchto vysokých dávkách nejsou tak časné, ani tak závažné, aby ovlivnily bojeschopnost vojsk. Změny závažnější, omezující zrakové funkce, se akutně vyvíjejí až při dávkách, které jedince usmrtí, nebo způsobí daleko akutnější postižení jiných životně důležitých orgánů.

Okamžitá ztráta bojeschopnosti při použití jaderných zbraní, včetně neutronových, způsobená postižením oka je možná jen pohledem nechráněného oka do epicentra výbuchu, kdy spálením centrální krajiny sítnice vzniká okamžitá slepota (absolutní centrální skotom).

Pozdní následky ozáření oka mající vliv na bojeschopnost jsou daleko závažnější a lze je očekávat po ozáření oka relativně velkými dávkami záření. Jedná se hlavně o vznik radiační katarakty, která snižuje hodnotu zrakové ostrosti vojáka několik měsíců po ozáření.

Souhrn

Autoři v přehledu shrnují poznatky o primárním a sekundárním postižení oka účinkem gama a neutronového záření.

Literatura

1. BATCHELOR, A. L. - EDMONDSON, P. W.: Fast-Neutron Irradiation of Large Animals. In: Biological Effects of Neutron and Proton Irradiations. Vienna, International Atomic Energy Agency 1964. Vol. II, s. 3—13.
2. BERRY, J. R.: Hypoxia Protection Against Fast Neutrons of Different Energies. Eur. J. Canc., 7, 1971, s. 145—152.
3. BEWLEY, D. K.: Physical Characteristics of Fast Neutron Beams. Eur. J. Canc., 7, 1971, s. 99—103.
4. BROERSE, J. J. - BARENDSEN, G. W.: RBE Values of 15 MeV Neutrons for Effects on Normal Tissues. Eur. J. Canc., 7, 1971, s. 171—177.
5. BROWN, D. G. - HAYWOOD, F. F.: 14-MeV Neutron Irradiation of Swine; Dosimetry and Clinical Response. Health Phys., 24, 1973, s. 627—636.
6. DUKE-ELDER, S.: System of Ophthalmology. London, Henry Kimpton 1972. s. 934—1010.
7. EDMONDSON, P. W. - BATCHELOR, A. L.: The Clinical and Pathological Response of Goats to Whole-Body Irradiation by Gamma-Rays and Fission Neutrons. Int. J. Rad. Biol., 10, 1966, č. 5, s. 451—478.
8. HORNSEY, S. - MORRIS, C. C.: Relative Biological Effectiveness for Damage to the Central Nervous System by Neutrons. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys., 7, 1981, č. 2, s. 185—189.
9. Proceedings of the British Institute of Radiology. Biological Effects of Doses Below 2 Gy. Br. J. Radiol., 53, 1980, č. 635, s. 1103—1104.
10. ROMANOVA, I. N. - DYNNIK, M. S.: Kliniko-fiziologičeskaja charakteristika sostojanija zdorovja rabotajuščich s nejtronnymi polonij-berillijevymi istočnikami v geofizičeskich ekspedicijach. In: 2 -nd Radiobiological Conf. of Socialist Countries, Varna 1978.
11. ZOOK, B. C. - BRADLEY, E. W.: Pathologic Findings in Canine Brain Irradiated with Fractionated Fast Neutrons or Photons. Radiat. Res., 84, 1980, s. 562 až 578.

Klíčová slova: Neutronové a gama záření; Poškození oka.