

Radiobiologiska effekter på djur/renar av nuklidutsläpp från reaktorhavarier*

Bernt Jones

Institutionen för klinisk kemi, Veterinärmedicinska fakulteten, SLU, Uppsala, Sverige

Om man ser på nedfallet vi nu har fått från Tjernobyl, så har det alltså uppstått efter en klyvning utav tunga atomkärnor. Man har i princip samma fysikaliska förlopp om man klyver uran- eller plutoniumkärnor. Man får en mängd energi över och det är den man använder sig av vid kärnreaktorer eller i atombomber av olika slag.

Det som för oss biologer är intressant, det är dom medeltunga kärnorna som bildas. Man har nästan tvåhundra slags atomer, nuklider som bildas, och de är nästan alla radioaktiva. Det är den radioaktiviteten som påverkar djur och människor på olika sätt.

Ser man på vilka ämnen som finns i det här området av periodiska systemet (masstal 80 - 150), så är det bara ett som normalt ingår i omsättningen hos djur och det är jod. Men man har också cesium som liknar kalium och strontium som liknar kalcium och därför går in i djurens metabolism. De tre ämnena kommer då att få livsmedelshygienisk betydelse när de förorenar olika livsmedel. Jag skal emellertid uppehålla mig mera med de här ämnena som strålkällor och alltså som potentiella skadliga ämnen för djuren.

Om man tittar på de direkta effekterna av strålningen, så är det den joniserande egenskapen hos strålningen som medför den biologiska effekten och här är det i princip samma effekt oavsett om man har alfa-, beta-, eller gammastrålning. Det som skiljer dom här strålslagen är deras förmåga att penetrera biologisk material.

Alfastrålning, som huvudsakligen kommer från unga kärnor, har mycket liten penetrationsförmåga, så man behöver inte räkna med alfastrålning som en risk om de befinner sig utanför kroppen. Man måste få dem in i kroppen om man skall få skada utav alfastrålning.

Betastrålning har en medellång räckvidd och kan nå in i kroppen och åstadkomma skador även om det radioaktive ämnet ligger utanför kroppen, t.ex. om det ligger på huden eller i omedelbar närhet av djuret.

Gammastrålning har en väldigt lång räckvidd och har en effekt, även om det ligger på större avstånd ifrån djuret utanför byggnadskonstruktionen, t.ex. när det gäller djur som står på stall.

Tittar man på molekylär nivå vad som händer när joniserande strålning absorberas i biologisk material, så får man i mycket stor utsträckning skador på vatten, efter som vatten utgör 65 - 70% utav alla däggdjur. Och så länge bara det är det som händer, är det ingen fara för organismen. Men de fria radikalerna som bildas har väldigt stor förmåga att reagera med olika molekyler, t.ex. enzymer och även andra proteiner. Kroppen har emellertid stor förmåga att ta hand om sådana fria radikaler och det finns olika slags enzym som skyddar kroppen för den här typ av skador. Detta leder till att bara en mindre del av de från början bildade fria radikalerna åstadkommer en biologiskt märkbar skada. Klart större intresse är det när man får skador direkt på verksamma biomolekyler, t.ex. enzymer, men framför allt, skador på DNA- och RNA-mole-

kyler. När det gäller DNA-skador, så kan man tänka sig två typer av effekter, dels induktion av tumörer av olika slag, men också genetiska skador som bärs vidare till avkomman. Även här finns flera olika enzymssystem som reparerar skador på DNA-molekylen. Den joniserande strålningen ger ingen unik skada. Man kan se samma typer av kemiska defekter i DNA-molekylen efter en t.ex. kemisk påverkan.

När det gäller effekterna på större djur, så finns det relativt få försök som visar vilken dosnivå man behöver använda för att uppnå skador. Däremot finns det en mängd försök gjorda på små laboratoriedjur. Problemen blir då att man måste överföra dessa resultat observerade på t.ex. råttor och mus till större djur.

Har man omfattande skador på livsviktiga processer i celler, så kommer man att få en omedelbar celldöd och då kommer de mera långsiktiga effekterna att ha klart mindre intresse.

Ser man på olika vävnaders känslighet för joniserande strålning, så kunde Bergonie och Tribondeau allredan 1906 publicera vad som efter dom kalls för Bergonie & Tribondeau's lag. En vävnads känslighet är direkt proportionell med reproduktionsförmågan och omvänd proportionell med differentieringsgraden.

Om vi tittar på vilka effekter det här får på olika vävnader, så är här listad några vävnader i

sjunkande känslighetsgrad och vi ser att lymfocyterna har den största strålningskänsligheten ändå är de ett ganska differentierat cellsystem. Den höga känsligheten beror på deras höga reproduktionsförmåga. Däremot, högt differentierade vävnader med låg reproduktionsförmåga är mycket resistenta mot bestrålning. Det här påverkar t.ex. effekterna av cesium, som till stor del är fördelat i muskulaturen, där man inte har någon specifik tumörinduktion ens av höga cesium-halter.

Om man ser på ett djur som utsätts för doser som ligger på 1 sievert eller mera, när man alltså får en akut effekt utav bestrålningen, så kan man enklast mäta det kliniska svaret genom att se på blodceller som är känsliga. Då finner man att efter bestrålningen så kommer antalet trombocyter och lymfocyter att sjunka. Lymfocyterna sjunker väldigt snabbt, medan trombocyterna något långsammare. Neutrofilerna, som är något mera resistenta, uppvisar ett mera varierande förlopp.

Ser vi på leukocyterna, kommer man efter en viss period att få en återhämtingsfas, om strålningsnivån inte är alltför stor, några enstaka sievert. Antalet celler återvänder då nära den ursprungliga nivån men inte riktigt tillbaka. Ett visst antal stamceller i benmärgen dör av bestrålningen och man får en minskad produktionsförmåga i benmärgen.

Om man ger en akut bestrålning av det här slaget till ett djur, så finner man att den letala dosen för 50% av populationen ligger någonstans mellan 3 och 5 Sv, helkroppsdos. Det finns en ganska stor individuell variation i känslighet för bestrålning, vilket leder till att de allra mest känsliga individerna dör redan vid stråldoser på kanske 1½ - 2 sievert, medan de mest resistenta klarar enda upp mot 7 - 8 sievert. Riktig vad som ligger bakom den här skillnaden vet man inte.

Idisslare är i denna sammanhang relativt känsligare än andra djur beroende på att deras bete i ett kontaminerat område leder till att de får i sig stora mängder radioaktivt material som ansamlas speciellt i fömagarna. Detta leder till att man ganska effektivt bestrålar de ventrala, nedre delarna av fömagarna. Även löpmagen kan drabbas av denna typ av skador.

För att få ovan beskrivna effekter krävs en relativt homogen bestrålning av hela kroppen med gammastrålning. Men även betastrålning med sin begränsade räckvidd kan ge akuta skador hos djur, om djuren t.ex. betar i ett område med

Tabell 1. Olika celler och vävnaders känslighet för Bergonie-Tribondeaus' lag.

1. lymfocyter
2. erytroblastar, granulocyter
3. myeloblastar
4. epiteliala celler
 - a. spermatogonier
 - b. basala celler i tarmkryptor
 - c. ovocyter
 - d. celler i *stratum germinativum*
 - e. basala celler i sekretoriska körtlar
 - f. alveolarceller, gallgångsepitel
5. endotel
6. bindväv
7. tubuliepitel
8. ben
9. nerv
10. ganglion
11. muskel



Fig. 1. Strålskada hos en get i våmmens nedre del efter förtäring av 9065 MBq (megabecquerel) radioaktivt samarium och lantan. Skadan är här 2 månader gammal.



Fig. 2. Strålskada hos get omfattande hela nedre våm- och nätmagsväggen. Denna bild är tagen 2 veckor efter det att djuret ätit 14900 MBq samarium-lantanpartiklar.

kraftig radioaktiv förorening eller får nedfall direkt på kroppen.

Då det gäller intag av radioaktivitet från bete är idisslare relativt sett känsligare än andra djur, då de fysiologiskt kommer att ansamla radioaktiviteten i förmagarna, vilket ger en mycket hög stråldos till slemhinnan i deras nedre delar. Denna effekt framträder tydligst då radioaktiviteten föreligger i partikelform, vilket är fallet vid kärnvapenexplosioner men inte lika mycket vid reaktorhavariet. Figurerna 1 och 2 visar några olika utseenden av sådana skador hos get efter intag av glaspartiklar med en blandning av radioaktivt samarium och lantan som ger en strålning mycket lik den man ser i fårskt nedfall från en kärnvapenexplosion eller ett reaktorhavari. Lindriga skador som på Figur 1 läker efter en viss tid men efterlämnar ett arr, medan omfattande nekroser som på Figur 2 leder till döden. Cellerna i den ärrvävnad som uppstår

visar ganska typiska bilder med en dedifferentiering, och får dessa djur leva tillräckligt länge, några år, kommer de alldeles säkert att få karcinom i det tidigare strålskadade området. För att få denna typ av skada med nekros av ytliga vävnader krävs en stråldos, beta- och gammastrålning, på flera tiotals sievert.

Om djuren befinner sig ute under själva nedfallet av radioaktivitet kan lokala strålskador uppkomma i huden (Figur 3) med nekroser liknande dem som ses i förmagarna. Även dessa skador kan läka men oftast med en defekt överhud som resultat med parakeratosbildning i tjocka plattor t.ex.

Trots omfattande lokal nekrotisering på grund av höga betastråldoser kan helkroppsdosen gammastrålning vara så låg att någon allmän påverkan inte ses (stråldosen är mindre än 1 - 2 sievert).

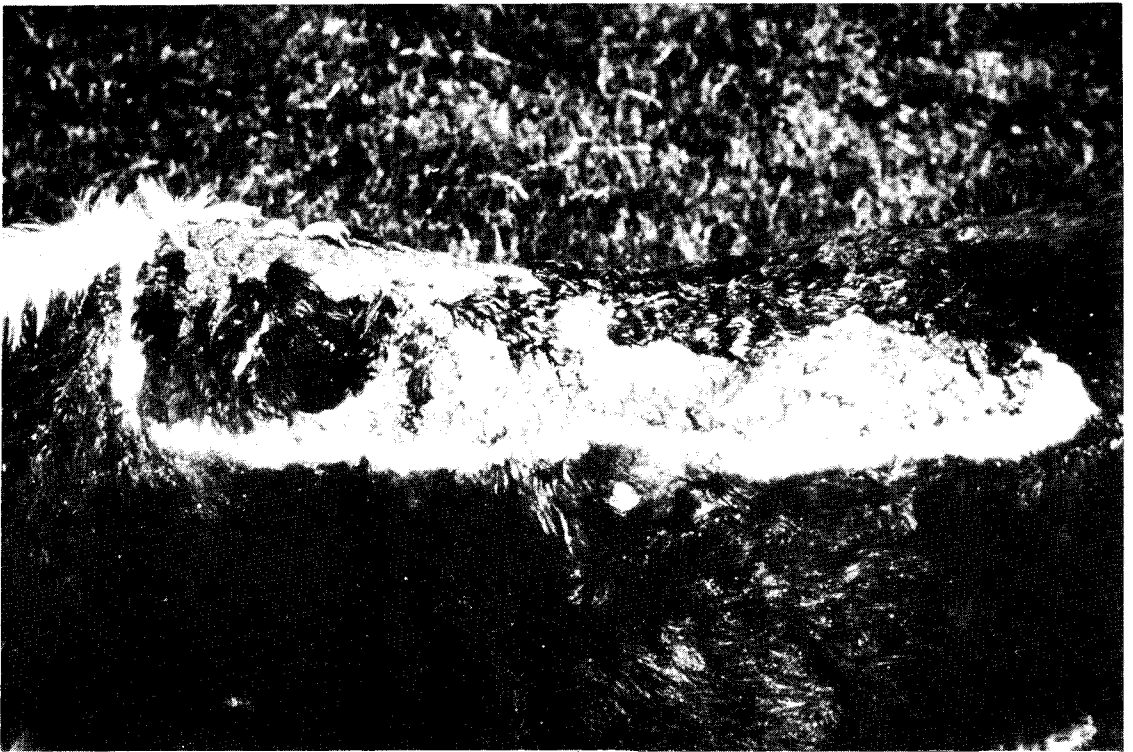


Fig. 3. Strålskada med avdödning av rygghuden på en ungtjur efter bestrålning med flera tiotal Sv från en betastrålkälla. Den ljusa randen i skadans kant är ny hud som växer in över det skadade området.