

Strålevern – Hefte 14:

Pasientbehandling ved strålingsulykker

Tanum, Reitan. Bruland, Hjelle

Pasientbehandling ved strålingsulykker

En kortversjon. (Tanum, Reitan, Bruland, Hjelle)

Skadestedet:

Livreddende førstehjelp har alltid prioritet framfor stråleskade vurderinger!

Stråledosen man mottar er avhengig av: Kildestyrke, avstand til kilde, skjerming mellom kilde/person, og eksponeringstid.

Pasient hentes derfor ut av strålingsområdet raskt (få minutter), selv sterke kilder vil da gi liten dose til hjelpepersonalet.

Personalet bruker verneutstyr (maske, drakt, hansker, sko) dersom det foreligger risiko for kontaminasjon.

Sykehuset:

Akutt skadebehandling har alltid prioritet framfor stråleskadevurderinger!

Bestrålt pasient avgir ikke stråling og er ufarlig for personalet. Unntak er kontaminert pasient. Denne skal avkles og vaskes grundig. Klærne taes vare på. Ytre kontaminasjon diagnostiseres med håndmonitor (Geigerteller). Ved indre kontaminasjon (lunger, fordøyelse) kan visse medikamenter gies.

Ved innkomst: Klinisk status + blodprøver (Hgb, hvite, lymfocytter, plater, GT, AFOS, ALAT, kreatinin, elektrolytter, albumin, totalprotein samt blod til senere spesialanalyser (heparinblod, fullblod og ACD blod).

Hver 6. time første døgnet: Klinisk status + lymfocytt-telling. Obs. huderytem.

Urin merkes med tidspunkt og taes vare på.

Hvis ikke betydelig fall i lymfocytter første 2 døgn, har pasienten ingen livstruende helkroppsstråleskade! Obs: Alvorlige lokale skader (hendene!)

Klinisk status:

Prodromalsymptomer: Kvalme, slapphet, nedsatt almentilstand, nedsatt matlyst, huderytem, diaré. Gjerne milde symptomer som kommer få timer etter bestrålingen og varer 1-2 døgn. Glir over spontant uten behandling.

Latensperiode: Tiden mellom prodromalfasen og strålingssyndromet. Lite symptomer, varighet 1-4 uker.

Strålingssyndromet: Alvorligheten er doseavhengig. Benmargssvikt med lave plater og hvite gir blødninger og infeksjoner. Større doser gir tarmskade med diaré.

Høye stråledoser gir kraftigere prodromalsymptomer, kortere latensperiode og alvorligere strålingssyndrom.

Ofte er bare deler av kroppen bestrålt. Dette kan gi alvorlig lokal stråleskade uten generelle symptomer eller tegn.

Ved ulykke varsles straks Statens strålevern: pr. 1.1.98

Sentralbord: 67 16 25 00

Sentral fax: 67 14 74 07 (kl 8 - 15)

Med.avd. - Fax

22 46 13 04 (kl 8 - 15)

24 t vakttelefon 67 16 26 00

Forord

Dette heftet er ment å oppsummere de gjeldende prinsipper for tidlig behandling av pasienter som har eller kan ha vært utsatt for ioniserende stråling. Det er i første rekke helsepersonell (leger, radiografer, akutt medisinsk personell) og redningspersonell (Brannvern, Politi og Forsvar, ABC-vern personell) som vil ha nytte av denne publikasjonen. Heftet gir en lettfattelig framstilling av grunnleggende strålefysikk og strålemedisin. Dette gir den nødvendige bakgrunn for å forstå de medisinske effekter av ioniserende stråling og prinsippene for strålevern, herunder taktikk under redningsarbeid. Det er viktig å merke seg at heftet omhandler stråleskade uavhengig av om skaden er oppstått som følge av en ren strålingsulykke eller en atomulykke. Ved mange atomulykker i utlandet vil Norge kunne bli berørt av radioaktivt nedfall. Dette vil vanligvis være uten akuttmedisinsk betydning og omhandles derfor ikke i dette heftet. Heftet beskriver kun fredsmessige ulykker og beskriver ikke bruk av atomvåpen i krig, men prinsippene som beskrives vil være de samme. En tidligere versjon av heftet har vært ute til høring i brukergruppene og den foreliggende versjon er basert på innkomne uttalelser. Til heftet er det utarbeidet en instruksjonsvideo. Dette prosjektet er blitt til gjennom et samarbeid mellom Statens Strålevern og Kontor for medisinsk beredskap i Forsvarets overkommando/Sanitetsstaben. Forsvarets rekrutterings- og mediesenter (FRM) har stått for den tekniske produksjonen av både video og heftet.

Ole Harbitz
Direktør
Statens Strålevern

Nils H. Fagerhaug
Generalmajor
Sjef Forsvarets
Overkommando/Sanitetsstaben

Innledning

I Norge er det sjelden at mennesker utsettes for strålingsulykker. Kun helt unntaksvis har uhell med strålekilder medført akutt personskade, de siste årene har det vært mindre enn en pasient årlig. Fordi helsevesenet har begrenset erfaring med slike hendelser, har allmennhet, helsearbeidere og andre etterlyst retningslinjer for håndtering av stråleskadde pasienter. Statens strålevern er sekretariat for landets sivile strålingsberedskap og er også pålagt å organisere den strålemedisinske beredskap ved de akuttmedisinske enheter og primærsykehus. Strålemedisinsk avdeling ved Statens strålevern har i den anledning utarbeidet vedlagte manual om pasientbehandling ved strålingsulykker og et videobasert undervisningsopplegg i tilslutning til manualen. Den strålemedisinske beredskapen inkluderer også visse medikamenter og måleapparat for radioaktivitet og strålenivåer (Geigerteller), se egne avsnitt bak i denne manualen.

Den første vurdering av pasienten er viktig. Vi har derfor lagt vekt på å utforme enkle råd og retningslinjer som kan følges også i stressituasjoner. Dette er gjort fremfor å lage en vitenskapelig dokumentert gjennomgang av alle mulige virkninger og konsekvenser av strålingsskader med detaljerte tiltak. Det er lagt vekt på å lage en lett tilgjengelig innføring for medisinsk personell uten spesielle bakgrunnskunnskaper i strålingsfysikk og strålingsbiologi. Det formidles ingen detaljert kunnskap og kun de viktigste prinsippene er skissert. Målsetningen har vært at heftet skal være oversiktlig og enkelt å lese. Innholdet i heftet kan derfor virke kategorisk og benytter ofte ikkevitenskapelige benevnelser og beskrivelser.

Norge har ingen atomkraftverk og i fredstid er det derfor svært liten sannsynlighet for masseskader der ioniserende stråling er involvert. Masseskader kan tenkes å inntreffe ved at en satellitt med atombatteri faller ned, ved ulykke i atomdrevet fartøy i norsk havn eller ved ulykker i de norske reaktorene i Halden eller på Kjeller. Personskader er imidlertid mest sannsynlig ved bruk av radioaktive kilder i industri eller sykehus. Ved en strålingsulykke vil det ofte foreligge et sammensatt skademønster der stråling kun er ett element. Pasienten kan ha fått flere ulike typer stråling og være forurenset med forskjellige radioisotoper. Fra et akuttmedisinsk synspunkt trenger man ingen detaljert kunnskap om dette kompliserte fagfeltet for å kunne følge de retningslinjer og prosedyrer som beskrevet i denne manualen. Denne omhandler kun akutte skader, mens langtidseffekter, forebyggende tiltak osv ikke er omtalt. Radioaktivt nedfall etter atomulykker i et annet land omtales ikke fordi det da meget sjelden vil være behov for akutte pasientrettede tiltak. Forebyggende tiltak for å hindre senskader i befolkningen vil da være viktigst (innendørsopphold, unngå forurenset mat og drikkevann, evakuering, jod-profylakse, osv.). I krigstid vil helt spesielle forhold råde og stråleskader gjerne være i form av sammensatte skader.

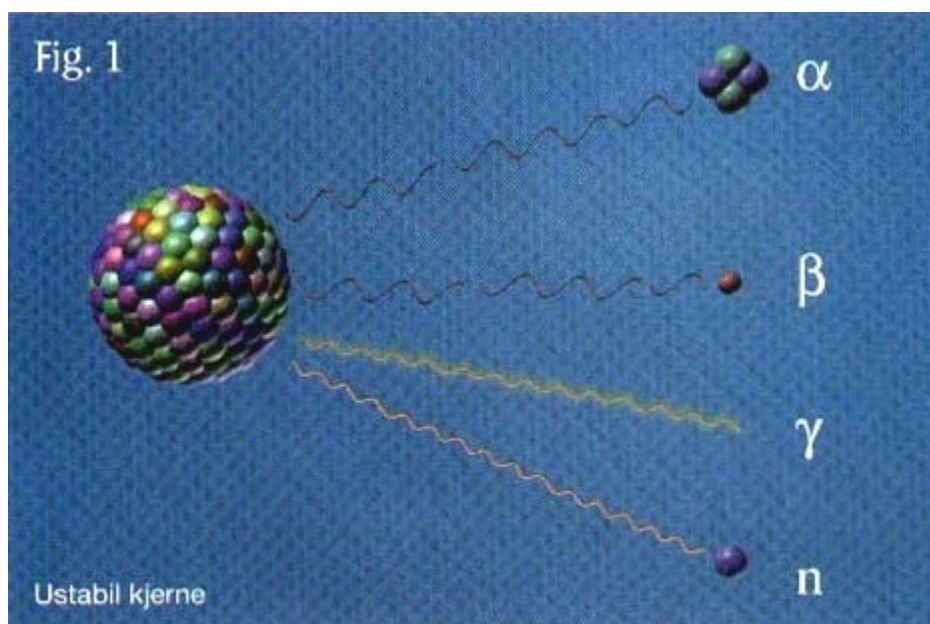
Denne manualen begrenses derfor til håndtering av akutte stråleskader i fredstid.

Det er forskjell på en strålingsulykke og en atomulykke. Ved en strålingsulykke er et fåtall av personer bestrålt, f.eks. ved ulykker i industri og helsevesen. En atomulykke skjer i kjernekraftverk eller andre nukleære installasjoner og hovedproblemet er spredning av radioaktivitet til store geografiske områder. Stråling er som oftest lett å måle med Geigerteller. Selv uhyre svake strålekilder kan identifiseres og måleinstrumentet kan tikke og hyle intenst uten at dette indikerer noen medisinsk risiko. En stor stråledose i løpet av kort tid (minutter, timer) vil gi akutte alvorlige stråleskader, mens den samme dose fordelt over lang tid (måneder, år) ikke gir akutte stråleskader, men risiko for senskader etter flere år. Medisinske aspekter ved strålings- og atomulykker omfatter således vurderinger av både små og store stråledoser. Små stråledoser hos store befolkningsgrupper kan gi opphav til senskader av folkehelsemessig betydning selv om den individuelle risiko er liten. Ved ulykker og katastrofer kan stråling være den dominerende faktor av medisinsk betydning, men oftest er strålingen et tilleggsproblem til forbrenninger, knusninger eller andre skader. Ved Tsjernobyl-ulykken så man akutte stråleskader hos brannmannskap, redningsmannskap og opprydningsmannskap som oppholdt seg på ulykkestedet i de første dager. I tillegg vil det i fremtiden trolig komme senskader i de eksponerte befolkningsgruppene. Den første indikasjon på slike skader kan man allerede se i form av en Økning av skjoldbruskkjertelkreft hos barn i områder nær Tsjernobyl. Innsatspersonell kan under livreddende innsats ved strålingsulykker bli utsatt for stråledoser som er betydelig høyere enn de som er akseptert ellers i samfunnet. Denne helserisiko blir tilsvarende andre kjente risikofaktorer for helsepersonell, slik som personskade/død under utrykking med ambulanse og helikopter, blodsøl med fare for hepatitt og AIDS, osv. Hittil har ikke akuttmedisinsk personell blitt påført alvorlig stråleskade utenom tidligere Sovjetunionen.

Det hadde pr. 1991 vært 1. 125 registrerte atomulykker eller strålingsulykker i verden. Av disse ga 331 ulykker økte stråledoser til mennesker, i alt har 103 mennesker omkommet. Uhell ved bruk av kapslete strålekilder har vist en sterk økning de siste årene. Slike kilder brukes særlig ved industriell radiografi (kontroll av sveiseskjøter, m.v.) og uhellet er oftest at strålekilden ikke tilbakeføres til den skjermede beholder p g a teknisk feil. Slike ulykker kan gi store lokale stråleskader, særlig hvis man med hendene prøver å få strålekilden på plass. Disse strålekildene gir ren gammastråling og doseraten ligger gjerne i området 0,1-0,2 Sv/time ved 1 meters avstand. Ved ulykker i helsevesenet vil pasienten gjerne bli den skadelidende, i det personalet som regel er skjermet. Eeks. kan det oppstå teknisk feil i røntgenapparater som fører til at bestrålingen ikke stopper, men røntgenrøret vil da vanligvis bryte sammen p g a overopphetning før pasienten får livstruende stråledoser. Søl med isotoper ved nukleærmedisinsk undersøkelse vil gi relativt små stråledoser og akutte stråleskader vil ikke oppstå av slike uhell.

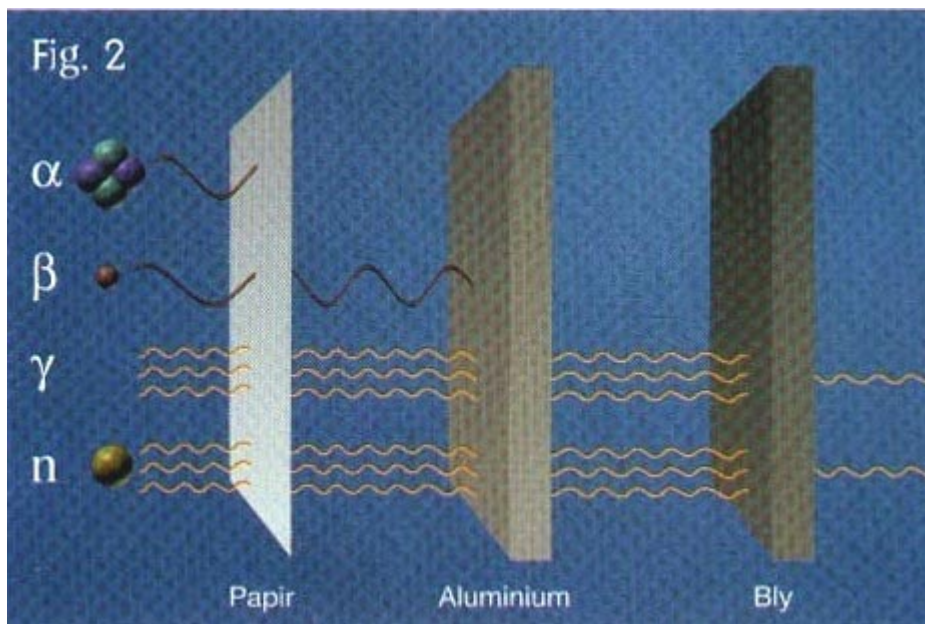
Strålefysikk

I et stabilt grunnstoff er det balanse mellom antall protoner og nøytroner i kjernen. Ved ubalanse mellom disse to elementene vil det bli et overskudd av energi (masse) i atomkjernen. Atomkjernen vil kvitte seg med slik overskuddsenergi i form av ioniserende stråling for å komme ned i en stabil tilstand (fig. 1). Stoffer som gir fra seg stråling kalles radioaktive isotoper. Strålingen slutter når all overskuddsenergien er borte og stoffet igjen er blitt stabilt. Denne prosessen kan ta kort tid (sekunder) eller lang tid (år), alt etter hvilken isotop det gjelder. Halveringstid er den tiden det tar til strålemengden er halvert i forhold til utgangspunktet. Hver radioaktiv isotop har sin helt bestemte halveringstid. Isotoper kan avgi forskjellige former for ioniserende stråling. Mengden radioaktivt stoff (aktivitetsmengden) angis i enheten Becquerel (Bq).



Alfastråling

Dette er store partikler som består av 2 protoner og 2 nøytroner (=heliumkjerner). Disse har meget liten gjennomtrengningskraft. De stoppes f eks av 5 cm, luft, av et ark papir og av klær (fig. 2). Skulle kroppen utsettes for alfastråling ville det gjøre liten skade idet strålingen ikke går gjennom huden. Alfastrålingen kan derimot gjøre stor skade dersom det radioaktive stoffet kommer inn i kroppen via lungene eller munnen. Det kan da transporteres rundt med blodet og deponeres i vevet. Alfapartiklene vil da skade de omkringliggende celler og et høyt antall slike partikler i kroppen kan gi betydelig skade, symbol: α .



Betastråling

Dette er også partikkelstråling, men består av elektroner. Disse kan sendes ut med svært varierende energi og partiklenes rekkevidde blir da også forskjellig. Ved lav energi stoppes de for eksempel av tykke klær eller en trevegg og β -stråler fra radioaktive stoffer på huden vil kunne gå noen få millimeter ned i huden (fig. 2). Betastråler med høy energi kan gå gjennom klær og andre lette materialer og gi betydelig skade på øye, hud og underhud. Elektronstråler fra akselleratorer (f.eks. ved medisinsk terapi) kan gå 5-10 cm inn i kroppen og gi skader også på indre organer. Symbol: β .

Gammastråling

Dette er ikke partikler, men elektromagnetisk stråling (fotoner). Denne strålingen har stor gjennomtrengingsevne og vil lett gå gjennom for eksempel en trevegg (fig. 2). Gammastrålingen kan således trenge dypt inn i kroppen og gi alvorlige skader. Ved strålingsulykker vil ofte gammastrålingen være farligst og kunne gi meget alvorlige indre skader. Røntgenstråler har samme egenskaper som gammastråling. Når man tar røntgenbilder er strålemengden (stråledosen) ganske liten. Symbol: γ .

Nøytronstråling

Nøytroner er uladete partikler i atomkjernen. Disse har stor gjennomtrengningskraft og denne strålingen kan derfor gå igjennom tykke materialer (fig. 2). Nøytronstrålingen går således dypt inn i kroppen og kan gjøre store skader. Vær oppmerksom på at måling av nøytronstråler krever spesialutstyr og at en Geigerteller ikke kan måle nøytronstråler. Symbol: n

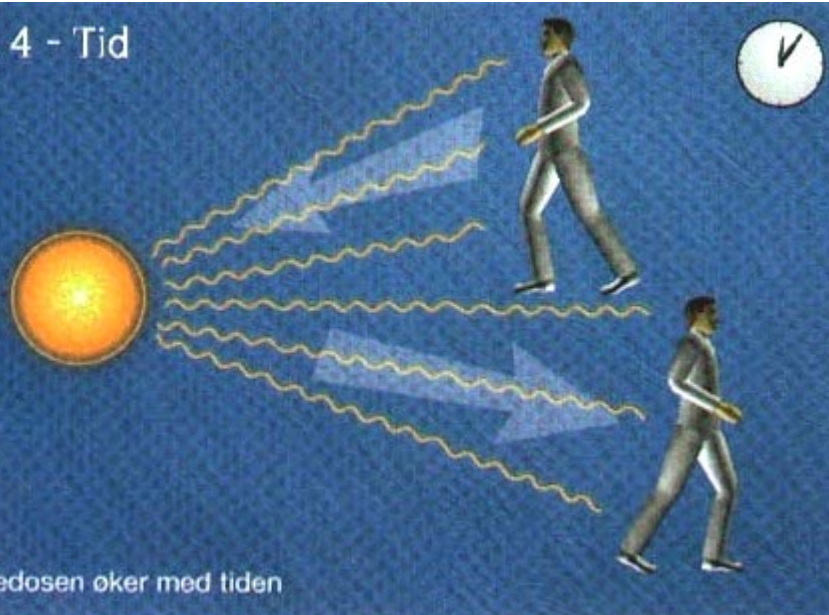
Måleenheter

I en strålingsulykke kan flere typer stråling være involvert. Stråledoser måles i Gray (Gy). En Gy er en relativt stor dose og man måler derfor ofte i milliGray (mGy = tusendels Gy) eller mikro Gray (μ Gy = milliondels Gy). Imidlertid varierer den biologiske effekt fra stråletype til stråletype. Dette betyr at 1 Gy med de forskjellige strålingstypene vil gi forskjellige skader på kroppen. Enheten Sievert gjenspeiler den helserisiko som strålingen medfører. Stråleskade fra forskjellige typer stråling kan derfor sammenlignes hvis man benytter Sievert som enhet. For stråletypene gamma og beta er 1 Gy = 1 Sv, mens for nøytron og alfastråling er 1 Gy = 5-20 Sv, avhengig av diverse faktorer. Stråledosen kan anslås ved hjelp av enkle håndmonitører som for eksempel Geigerteller. Det er egen bruksanvisning for et slikt apparat bak i heftet.

Fig. 3 - Avstand



Fig. 4 - Tid





Strålebiologi

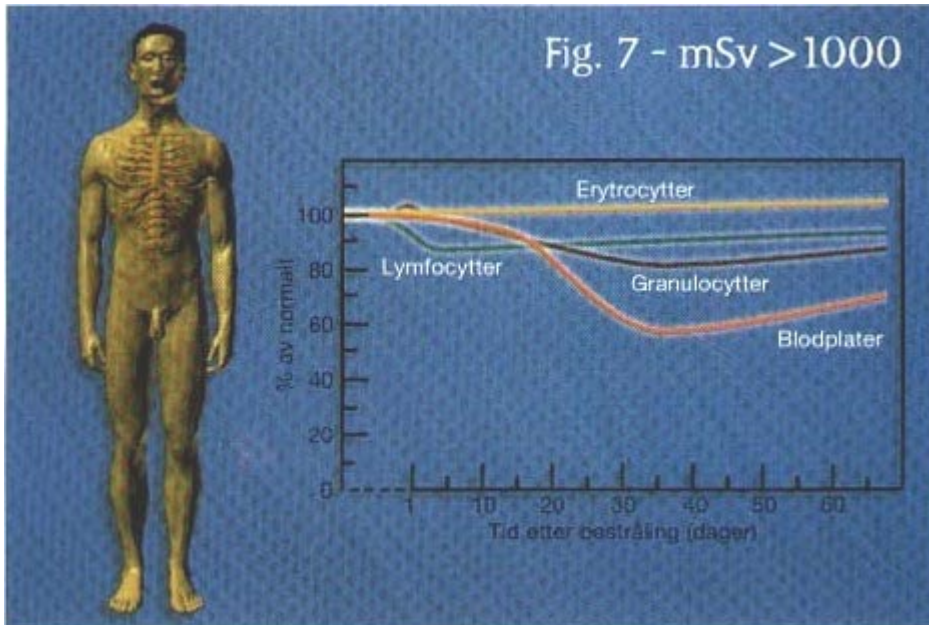
De skadene kroppen får av stråling kan være akutte eller i form av langtidskader. Langtidskadene kommer til syne flere år etter at bestråling har skjedd. Slike skader vil kunne gi kroniske og alvorlige sykdommer, f.eks. kreft. Ved strålingsulykke vil imidlertid de akutte skadene av stråling dominere og kun disse omtales derfor nedenfor. Hovedeffekten av strålingen er på cellenes DNA-molekyler (arvestoffet). Et skadet DNA-molekyl vil ikke umiddelbart påvirke cellens funksjoner, men problemene kommer tilsyne når cellene skal dele seg (fig. 11). De to dattercellene som dannes blir defekte og dør. Akutte stråleskader vil derfor først vise seg i de vev der cellene deler seg ofte. Dette er beinmarg (som lager blod), slimhinner (særlig i tarm) og hud. Det kreves en viss størrelse på stråledosen for å få slike skader og alvorlighetsgraden øker med stråledose. Det vil altså være en latenstid fra bestrålingen skjer og til de kliniske symptomer av DNA-skaden kommer til syne. Denne latenstiden kan være fra dager til uker. Ved svært store stråledoser vil også andre viktige strukturer i cellene enn DNA bli skadet slik at cellen kan dø i løpet av kort tid. De kliniske symptomer kommer da straks eller i løpet av få timer etter bestrålingen. Det er store forskjeller fra organ til organ hvor mye stråling som tolereres og også i noen grad individuelle forskjeller fra menneske til menneske.



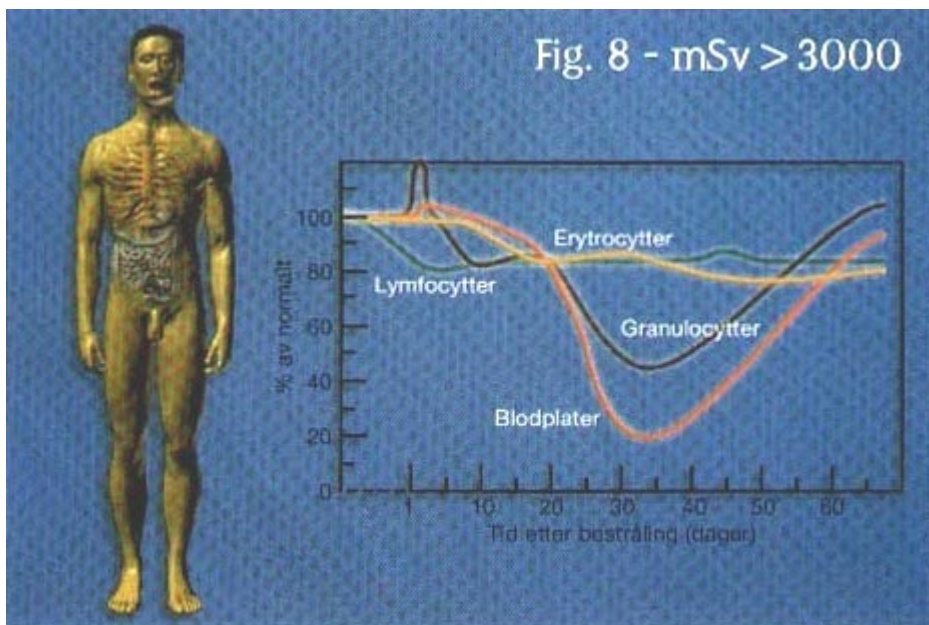
Benmarg/bloddannende organer:

Produksjonen av nye blodlegemer er svært følsom for radioaktiv stråling. Nyproduksjonen stopper opp, mens de fleste modne blodceller i sirkulasjonen er uaffisert. Disse har jo begrenset levetid, og antallet

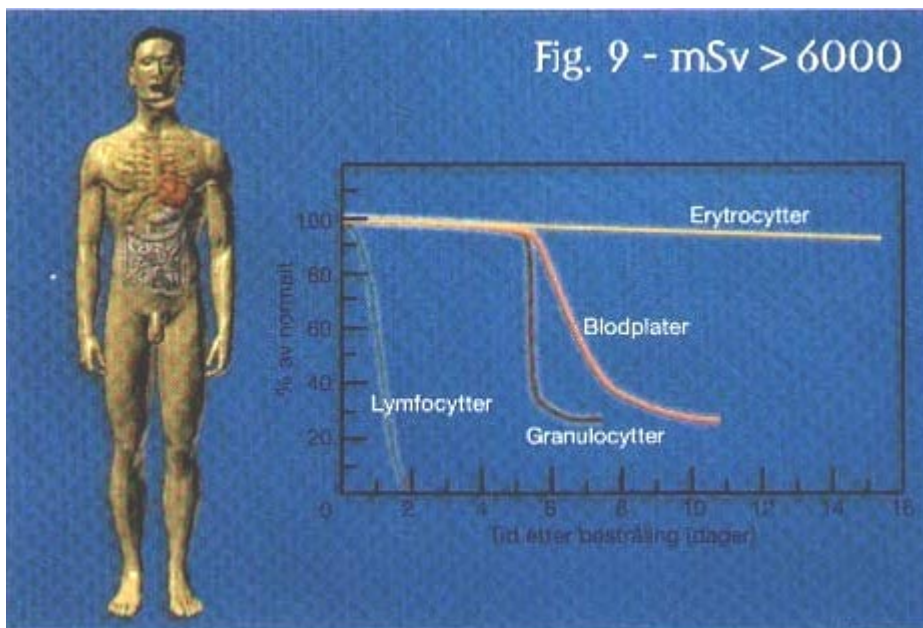
vil synke ettersom de gamle celler forsvinner uten at nye kommer til. Lymfocytter, granulocytter og trombocytter har kort levetid (dager) og vil derfor forsvinne fra sirkulasjonen raskere enn erytrocytter som har lengre levetid (måned). Lymfocytter er i tillegg spesielt strålefølsomme. Pasienter får i løpet av det første døgnet etter strålingen fallende antall lymfocytter i blodet (lymfopeni). Noen dager senere får de fallende antall granulocytter (granulocytopeni) og deretter lavt antall blodplater (trombocytopeni). Lavt antall røde blodlegemer (anemi) opptrer ikke i akutfasen, men kommer eventuelt flere uker senere (fig. 7-9).



Primær organskade: bloddannende organ (beinmarg)



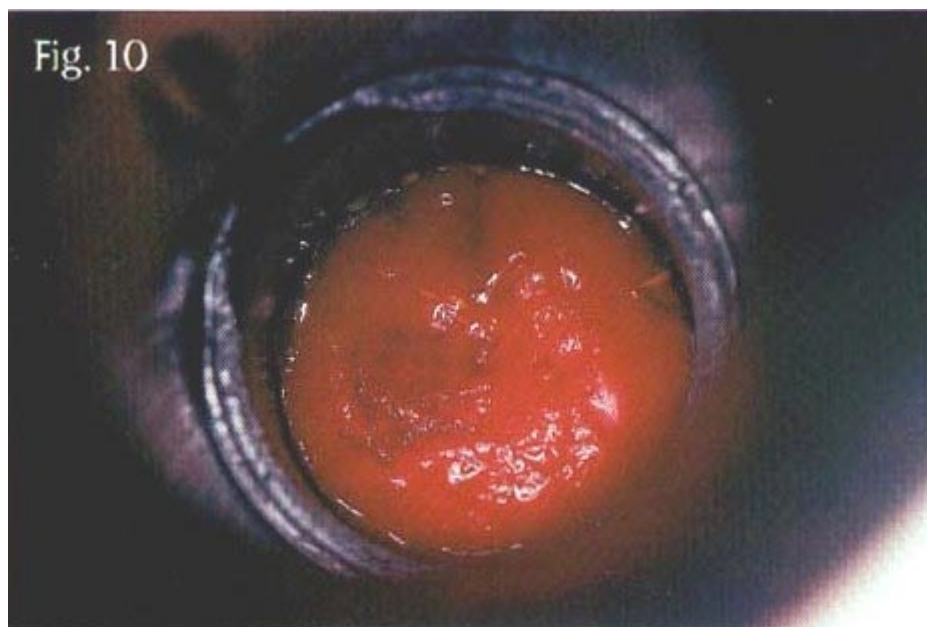
Primær organskade: bloddannende organ (beinmarg) og tarm



Primær organskade: bloddannende organ (beinmarg), tarm, hjerte og kretsløp og sentralnervesystem.

Tarm:

Nest etter benmargen er det slimhinnen i tarm som har hurtigst omsetning av cellen. Ved store stråledoser mot tarmen vil man derfor få symptomer i løpet av noen dager. Stamcellene i tarmkryptene skades og tarmepitelet går etterhvert til grunne. Dette gir svær lekkasje av vevsvæske og blod til tannlumen og gjør også at tarmbakterier kan komme inn i blodsirkulasjonen. Pasienten får absorpsjonsforstyrrelser og sekresjon som gir diaré (eventuelt blodig) og sekundært forstyrrelser i væske/elektrolytt/ proteinbalansen og alvorlige infeksjoner (sepsis) (fig. 10).



Akutt strålereaksjon i tarm.

Lunge:

Lungene kan utsettes for stråling både ved ytre bestråling og ved innånding av radioaktive partikler. I sistnevnte tilfelle vil partiklene ligge i luftveien og i lungevev og gi lokal stråleskade her. Noen dager etter bestrålingen vil det da bli væskeansamling i lungevevet (exsudat). Dette vil gi nedsatt gass-

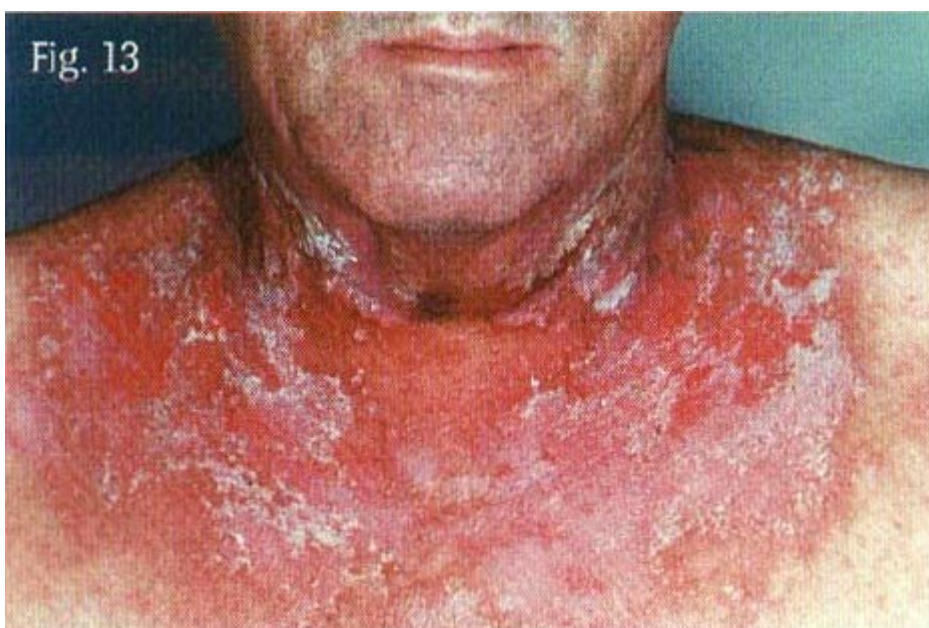
utveksling med tungpustenhet (dyspnoe). Senere tilkommer betennelse (pneumonitt) og avklemning av lungedeler (atelektase) og ytterligere dyspnoe. Sluttstadiet er strålefibrose med ødeleggelse av elastisk bindevev og utvikling av emfysem og total lungesvikt.

Hud:

Strålereaksjonen i hud ligner akutt solforbrenning. Ved strålingsulykker foreligger oftest ingen homogen helkroppsdose, men en ujevn strålebelastning over de forskjellige deler av kroppen. Huden er særlig utsatt, f.eks kan hendene få meget høye stråledoser ved industriskader. Rødheten (erythemet) kan i alvorlige tilfeller gå over i blemmedannelser (bullae), sår og koldbrann (nekrose/gangren). Den skaden strålingen gjør avhenger både av stråledosen og typen stråling. Den klassiske hudskade er med betastråling fordi slik stråling ofte avgir hele sin energi i huden. (fig. 6, 13 & 14)



Akutt strålereaksjon i hud.



Uttalt strålereaksjon i hud i full utvikling. Klart skille mellom bestrålt og ubestrålt hud viser hvilket volum av kroppen som er affisert.



Senscade etter høy huddose (5-10 år etter bestråling)

Skjoldbruskkjertelen:

Denne kjertelen tåler høye stråledoser, men ved inntak av radioaktivt jod vil dette akkumuleres og kunne gi ekstreme stråledoser i kjertelen lokalt. Dette gir sjelden akutte skader, men kan gi betydelige senskader i form av lavt stoffskifte og kreft.

Nyrer og lever:

Disse organene er relativt strålefølsomme. Radioaktive stoffer som kommer inn i kroppen vil kunne akkumuleres i disse organene og gi en stor stråledose til disse. Skadene vil utvikle seg over en del uker og kan gi funksjonssvikt.

Benvev:

Benvev er ganske motstandsdyktig mot stråling, men visse radioaktive stoffer vil søke seg til benvev og akkumuleres der dersom de kommer inn i organismen. Her vil de så ligge og stråle i lang tid og kunne gi alvorlige senskader.

Blodårene:

Ved store stråledoser vil endotelcellene i de små blodårer (arterioler, kapillærer) svulme opp og derfor gjøre blodsirkulasjonen dårlig. Dette gir ingen alvorlige akutte skader, men senskadene blir alvorlig med kronisk surstoffmangel (hypoksi). Man får da utvikling av bindevev i stedet for ordinært vev (fibrose), eventuelt koldbrann (nekrose) i de bestrålte områder. Skade på de små blodårer er ofte årsaken til alvorlige senskader.

Kjønnsorganer:

Både eggstokker og testikler er svært strålefølsomme og stråling vil kunne gi sterilitet. Stråling mot kjønnsorganer gir ikke misdannelser ved senere graviditeter.

Muskulatur, bindevev, nerver, hjerne, øye og øre:

Disse vevene har lav omsetning av celler og tåler derfor høye stråledoser uten at man får skader. Man kan imidlertid få senskader ved at blodforsyningen skades, se under «blodårer». Unntak er øyets linse som skades lett og gir grå stær (kataract).

Barn:

Barn er noe mer følsomme for stråling enn voksne, men det er ingen store forskjeller. Generelt gjelder at barn har en noe hurtigere celleomsetning enn voksne og at barns organer således er noe mer utsatt for stråleskader enn tilsvarende hos voksne.

Fosteret:

Fosteret er svært strålefølsomt de første tre måneder av svangerskapet. Stråling vil da kunne gi abort eller forskjellige alvorlige skader. De siste 6 måneder av svangerskapet (annet og tredje trimester) er fosterets strålefølsomhet omtrent på samme nivå som for barn.

De vanligste radioaktive stoffer ved kontaminasjon:

Cesium:

Oppfører seg omtrent som kalium i kroppen. Noe akkumuleres og noe skilles ut via urin og avføring. Berlinerblått gies for å fjerne cesium i kroppen. Halveringstiden er 30 år.

Strontium:

Oppfører seg omtrent som kalsium, og akkumuleres for en stor del i skjelettet, ellers som for cesium.

Jod:

Akkumuleres i skjoldbruskkjertelen. Halveringstiden for den mest aktuelle jod isotopen er 8 dager. En jodtablett (200 mg kaliumjodid) beskytter skjoldbruskkjertelen mot opptak av radioaktivt jod. Tabletten må taes før eller umiddelbart etter at man får radioaktivt jod inn i kroppen. Jodtabletten virker i seg selv ikke på strålingen men hindrer at det radioaktive jod absorberes.

Det finnes i tillegg en rekke andre radioaktive stoffer som kan være aktuelle ved kontaminasjon som f.eks. plutonium, americium, kobolt, iridium og plutonium.

Symptomer og tegn ved stråleskader

Katastrofer med mange stråleskader kan skje ved atomkrig eller ved atomkraftverk. Pasienten vil da ofte få helkroppsbestråling med symptomer fra hud, benmarg, lunge og tarm. Imidlertid er ulykker med industrielle strålekilder mer hyppig. Oftest vil da bare deler av kroppen få stråleskader, særlig er hendene utsatt. Det er fire faktorer som bestemmer stråledosen et menneske får ved en ulykke:

1. Doseraten fra strålekilden (kildens«styrke»)
2. Avstanden til strålekilden
3. Tiden som personen eksponeres
4. Skjerming mellom strålekilde og person

Ved akutt homogen helkroppsbestråling vil det kliniske bilde følge et typisk mønster som beskrevet i tabell 1. Avhengig av dosen vil initiale symptomer oppstå fra minutter til få timer etter eksposisjonen og vare i 12-24 timer (prodromalfasen). Disse prodromalsymptomene vil forsvinne etter 1 - 2 døgn og pasienten vil så være symptomfri i 1-4 uker. Denne symptomfrie fasen kalles latensfasen. Etter latensfasen starter så det egentlige strålingssyndrom. Selv om latenstiden mellom prodromalsymptomene og strålingssyndromet er klinisk fredelig, vil stråleskaden utvikle seg i pasienten. Strålingssyndromet er et resultat av den celledød som har skjedd i latenstiden. Latensfasen er således et «stille før stormen». Mens prodromalsymptomene er milde og forbigående, er strålingssyndromet livstruende og langvarig. Prodromalsymptomene er gjerne uspesifikke som tretthet, kvalme, nedsatt matlyst, oppkast osv. Rødhet i huden (erythem) sees dersom huden har fått betydelige stråledoser. Prodromalsymptomene krever vanligvis ingen spesiell behandling og forsvinner spontant. Ved svært høye stråledoser kan prodromalsymptomene i seg selv være alvorlige.

Det er en klar sammenheng mellom alvorligheten av prodromalsymptomene og den dosen helkroppsstråling pasienten har mottatt. Det er derfor viktig å kartlegge prodromalsymptomene de to første døgn. Registrering av symptomer og de kliniske funn i denne fasen vil gi et godt estimat for stråledosen og være en viktig prognostisk parameter for pasienten. Lymfocytter er meget strålefølsomme, deres antall vil derfor falle raskt ved helkroppsbestråling. Lymfocytene egner seg også

godt til å studere stråleskade; f.eks. dannelse av mikrokjerner. Prodromalsymptomene og lymfocytantallet i blod er de viktigste parametere for å vurdere den stråledosen pasienten har mottatt. Dersom det i løpet av de 2 første døgn etter bestrålingen ikke har tilkommet symptomer og lymfocytallet i blod fortsatt er normalt, betyr dette at pasienten ikke har fått noen livstruende helkroppsstråledose. Senere spesialundersøkelser av lymfocytter kan fastslå også ganske lave stråledoser. Det er således viktig å sikre seg blodprøve av pasientene så tidlig som mulig etter ulykken, slik at man har et utgangspunkt for de senere målinger.

Strålingssyndromet er doseavhengig. Det betyr at symptomene kommer raskere og er mer alvorlig jo høyere stråledosen er. Ved store stråledoser vil antallet granulocytter og blodplater i blod bli svært lavt i løpet av 1-3 uker (tab. 2). Dette vil kunne gi alvorlige infeksjoner og blødninger. Ved økende stråledose vil også tannslimhinnen ødelegges og pasienten får diaré (gjerne blodig). Huden blir rødfarget og øm og lungesyntomer (pneumonitt) kan tilkomme. Pasienten vil da kunne dø av infeksjoner, blødninger, diaré eller respirasjonssvikt. Ved større hudskader er det nødvendig med kirurgi (hudtransplantasjon eller amputasjon). Ved ekstreme stråledoser vil svikt i andre organer som hjerne, hjerte, ryggmarg osv. raskt inntreffe, og pasientene vil dø av hjerneødem og hjertesvikt før de rekker å utvikle symptomene ovenfor (tab. 1-2).

Tabell 1

PRODROMALSYMPTOMER VED HELKROPPSBESTRÅLING¹⁾

Dose (Sv)	Debuttid (timer etter stråling)	Symptomer	Varighet (timer etter debut)	Lymfocytall ²⁾ (1 døgn etter stråling)
< 1	2-12	Ingen, evt. redusert matlyst	6-12	1,0-4,0
1-2	2-12	Som ovenfor + kvalme	6-12	0,5-1,0
3-4	1-6	Kvalme, brekninger, hodepine	12-24	0,3-0,5
5-7	0,5-1	Som ovenfor + diaré, feber, erytem	24-48	0,1-0,3
8-10	0,1-0,5	Som ovenfor (kraftigere)	> 48	< 0,1
11-20	< 0,2	Som ovenfor (svære symptomer)	> 48	< 0,1
21-50	< 0,1	Som ovenfor + hjertesvikt/arytmier. Død	-	-
> 50	< 0,1	Som ovenfor + CNS. Død.	-	-

Ved doser < 4 Sv er det endel pasienter som ikke har noen kliniske prodromalsymptomer. Ikke alle pasientene har alle symptomene, og symptomenes intensitet varierer sterkt fra individ til individ

- 1) Penetrerende røntgen, eller gamma/nøytroner
- 2) Normalt 1,0 - 4,0 x 10⁹ celler/liter blod

Tabell 2

AKUTT STRÅLINGSSYNDROM VED HELKROPPSBESTRÅLING¹⁾

Dose (Sv)	Debuttid (uker etter stråling)	Symptomer	Varighet (uker etter debut)	Prognose
< 1	-	Ingen	-	Meget god
1-2	3-4	Ingen	-	Meget god
3-4	2-4	Blødning, infeksjon	12-20	God ²⁾
5-7	1-3	Som ovenfor + diaré + erytem + stomatitt	12-30	Nokså god ²⁾
8-10	0,5-1	Som ovenfor + pneumonitt	> 30	Dårlig ²⁾
11-20	< 1	Som ovenfor + hjemeødemsymptomer + hudbullae	> 30	Død
21-50	< 0,1	Død (timer) pga. hjertesvikt	-	Død
> 50	< 0,01	Død (få timer) pga. CNS-skade	-	Død

- 1) Høyvolts røntgen, eller megavolt gamma/nøytroner byttes ut med/over.
- 2) Ved optimal medisinsk behandling.

Homogene helkropps-doser (se også tabell 1 og 2)

Doser mindre enn 2 Sv:

Ubetydelige prodromalsymptomer, lett eller intet strålingssyndrom. Ingen spesiell behandling er påkrevet. Prøvetaking og oppfølging er viktig også her med tanke på dose-estimering. Lymfocytt-tallet kan synke noe. Vær oppmerksom på at deler av kroppen, f.eks hendene kan ha fått en mye høyere dose enn kroppen ellers. Man kan i slike tilfeller altså ha fått en alvorlig lokal stråleskade uten at strålings syndromet eller prodromalsymptomer opptrer.

2-5 Sv:

Prodromalsymptomer er tydelige, gjerne kvalme. Dette behandles med konvensjonelle medikamenter. I sjeldne tilfelle kan prodromal symptomer mangle. Det sees et betydelig lymfocytffall i perifert blod det første døgnet. Strålingssyndromet domineres av benmargssvikt med leukopeni og trombopeni og utvikling av infeksjoner og blødninger. Noen pasienter får moderat diaré pga tarmskade. De aller fleste pasienter overlever dersom det gis adekvat behandling. Skadene er reversible og behandlingen består i vedlikehold av væske og elektrolytter, sanering av infeksjoner, transfusjon av blodplater og benmargsstimulerende medikament (GCSF).

5-10 Sv:

Prodromalsymptomene kommer raskt og er tydelige med brekninger, diaré, hodepine og rødhet i huden. Symptomene glir over i løpet av 2 døgn, behandles symptomatisk. Strålingssyndromet domineres av alvorlig benmargssvikt og tarmskade. Behandling bør skje ved avdeling med spesiell kompetanse. Benmargsstimulerende medikament (GCSF) har en viktig plass for å korte ned tiden med total benmargsaplasi. I tillegg til benmargssvikt har pasienten også alvorlig diaré med tap av væske, elektrolytter og proteiner. Den Ødelagte tarm/blodbarriere kan være inngangsport for alvorlige infeksjoner. Hos enkelte pasienter kan stamcelletransplantasjon være aktuelt.

Selv om det gis svært intensiv behandling vil det være en betydelig mortalitet for pasienter som får opp mot 10 SV.

Høyere enn 10 Sv:

Disse pasientene har kraftige prodromalsymptomer med diaré, brekninger, feber og sterk rødhet i huden. Ved doser over 20 SV sees akutt affeksjon av hjerte, hjerne og nervesystem og pasienten dør allerede i prodromalfasen. Dersom de overlever prodromalfasen, vil de dø under bilde av multiorgansvikt. Det er sjeldent at pasienter overlever helkropps-strålingseksposisjon med doser på mer enn 20 Sv.

Skadestedet

Ofte vil andre hendelser enn strålingen dominere et skadested, slik som brann, røykutvikling, giftige gasser, eksplosjonsfare, nedstyrting av bygninger etc. Det viktigste i slike situasjoner er raskt å få klarhet i om ioniserende stråling er involvert eller ikke. Skadestedsorganiseringen skal følge de almene prinsipper som gjelder ved andre ulykker, modifisert ut fra strålingsforholdene. Helt sentralt i pasienthåndteringen er å vite forskjellen på en bestrålt pasient og en radioaktivt kontaminert (forurenset) pasient. Den første er bestrålt (oftest gammastråling), men er ikke radioaktiv. Pasienten vil derfor ikke overføre stråling til andre mennesker.

Den kontaminerte pasient er forurenset med radioaktivt materiale og er derfor selv en strålekilde. Det foreligger da finkornete radioaktive partikler som metallstøv o.l. på klær eller hud. Pasienten kan også ha inhalert radioaktive partikler. En kontaminert pasient har vanligvis svært lav stråleintensitet, og frykt for strålingsfare må ikke hindre nødvendige akuttmedisinske tiltak. Ytre kontaminasjon på hud eller klær eller indre kontaminasjon i lunger vil svært sjelden inneholde så mye radioaktivitet at det gir akutte skader, men senskader kan utvikle seg flere år etterpå. Enkle forholdsregler som beskrevet vil redusere problemene betydelig for den forurensete pasient, og helt eliminere farene for helsepersonellet. Dersom

kontaminert pasient har vært transportert i ambulanse, skal alle tekstiler som har vært i kontakt med pasienten legges i en egen sekk og merkes. Ambulansen vaskes deretter grundig utvendig og innvendig og man kontrollmåler så til slutt med geigertelleren. Disse regler må vike ved presserende medisinske oppgaver for ambulansen. Det er i en akutsituasjon ikke nødvendig å bruke egne persondosimetre for personale som behandler stråleskadde pasienter. Kontaminerte pasienter representerer meget sjelden noen helsetrussel for det medisinske personell. Vanligvis vil den primære vurdering og behandling av pasienten skje på lokalsykehuset, og tiltak for kontaminerte pasienter er beskrevet under kapitlet «Behandling på sykehus».

Når man går inn i et skadeområde som kan være radioaktivt forurenset, bør man ideelt sett gå med vindretningen. I akuttfasen vil det være to hovedoppgaver for personalet; pasientredning med medisinsk personell og radioaktivitetsmålinger/ doseberegninger/kildesikting med teknisk personell. Alt personell bør være kledd med heldekkende tøy og støvler samt støvmaske. Geigertelleren bør brukes for å avklare om det foreligger høy strålingsfare (se bruksanvisning bak i heftet). Ved mange skadede bør man evakuere pasientene til egnet samlingsplass, helst beliggende motvinds for skadestedet. I slike tilfeller er det nesten alltid andre skader enn strålingen som dominerer, og ulykkes håndteringen følger de vanlige prinsipper for masseskader. **Mistanke om stråleskade må aldri hindre eller forsinke livsviktige akuttmedisinske tiltak.** Stråleskadebehandlingen kommer da i annen rekke.

Det første tiltaket er å fjerne pasienten fra den radioaktive kilden. Deretter må man få kilden under kontroll (teknisk personell). Statens strålevern har døgnvakt og skal varsles omgående. Vanligvis vil ikke pasienten få homogen helkroppsbestråling ved en industriulykke, idet visse deler av kroppen vil være mer eksponert enn andre (f.eks. hendene). Arbeidsklær vil i noe grad beskytte huden mot radioaktiv kontaminering, men beskytter ikke mot gammastråling. Detaljer om skadested og hendelsesforløp er derfor viktig å notere seg når man senere skal vurdere hvor store stråledoser pasienten har fått. Husk å bruke pasientskjemaet! Utnytt prinsippene som ligger i avstand fra kilden og tidsfaktoren. Den stråledose man utsettes for er avhengig av strålekildens styrke, avstanden man har til kilden, hvor lang tid man oppholder seg ved kilden og om det er skjerming mellom en selv og kilden. Vær derfor rask når pasienten skal fjernes fra strålekilden. For de fleste industrikildene er f.eks 10 meters avstand mellom strålekilde og menneske vanligvis tilstrekkelig til at stråledosen ikke lenger er akutt farlig. Dersom det er solid skjerming som betongvegg e.l. mellom kilde og person kan denne avstand reduseres. Tiden man er utsatt for bestråling er like viktig som styrken på strålekilden, og avstanden til strålekilden er enda viktigere. Det gjelder derfor å korte ned tiden nær kilden så mye som mulig og raskt å øke avstanden mellom seg selv og strålekilden.

Behandling på lokalsykehuset

Statens strålevern varsles umiddelbart ved mistanke om stråleskade. Lege ved strålemedisinsk avdeling, Statens strålevern, vil bidra til å koordinere videre tiltak. I hvert enkelt tilfelle vil en vurdere om pasienten skal behandles ved lokalt sykehus eller flyttes til sentral institusjon, alternativt om kompetansepersonell skal dra ut til lokalsykehuset. Behandlingen av akutt strålesyndrom vil dreie seg om tarmskader, benmargsaplasi, infeksjoner, blødninger, lungeskader og hud/underhudsskader. Personer med betydelig skade på sentralnervesystemet, hjerte eller andre organer vil ikke overleve de første dagene etter ulykken og behandlingen av disse er rent lindrende. Det skisserte opplegget er basert på at et fåtall pasienter er involvert, og må forenkles betydelig i en krigssituasjon eller ved masseskader. I slike tilfeller skal sykehusenes katastrofeplaner settes i verk på vanlig måte og diagnose og behandling av stråleskader blir da sterkt forenklet. Hvert sykehus med akuttfunksjon bør ha tilgjengelig en «strålemedisinsk utstyrsenhet» som skal benyttes ved mistanke om stråleskadet pasient. Denne enheten inneholder måleapparat for radioaktivitet, behandlingsmanual for stråleskadde, nødvendig utstyr til egen beskyttelse og medikamenter for intern dekontaminering. Enhetene er tenkt innkjøpt sentralt og fordelt til sykehusene i 1998.

Klinikk:

Det gjøres fullstendig klinisk undersøkelse og anamneseopptak med særlig vekt på kartlegging av prodromalsymptomer som matlyst, kvalme, brekninger, hodepine, diaré, feber, huderythem, nevrologiske symptomer, hjertesymptomer. Bruk pasientskjemaet som er vedlagt. Dette skjemaet skal følge pasienten hele behandlingstiden, også under eventuell overflytting til annet sykehus senere. Utbredelsen av erythem i huden bør om mulig dokumenteres med foto. Den kliniske vurdering og blodtellinger er meget viktige initialt, fordi dette raskt gir et grovt estimat av stråleskaden. Plagsomme prodromalsymptomer lindres med medikamenter etter vanlige retningslinjer. Den stråleskadde pasient skal ikke ha noen rutinemessig behandling den første tiden etter stråleskaden. Det viktigste er gjentatte kliniske undersøkelser og laboratorieprøver for å vurdere stråledosen pasienten har mottatt. Dette er viktig for eventuell senere behandlingstiltak. Strålemedisinsk avdeling ved Statens strålevern må varsles straks man har fått kjennskap til mulig stråleskadet person. Klinisk undersøkelse og blodprøvetaking skal utføres hver 6. time det første døgnet etter stråling, det neste døgnet hver 12. time. Husk å merke alle prøver med dato og klokkeslett. Oftest foreligger ingen homogen helkroppsdose, men en ujevn strålebelastning over de forskjellige deler av kroppen. Huden er særlig utsatt, særlig hender kan få store stråledoser ved industriskader. Prodromalsymptomene hos disse pasientene vil i hovedsak være erythem på de bestrålte områdene. Erythemet vil forsvinne i latenstiden inntil alvorlige symptomer oppstår slik som væskefylte blemmer (bulla), store sår (nekroser) og koldbrann (gangren). I tidlig fase vil det være vanskelig å avgjøre prognosen for det bestrålte området, særlig for ekstremitetsskader. Dersom pasienten i tillegg har fått en betydelig helkroppsdose, er det en fordel å operere det affiserte området så tidlig som mulig med hudtransplantasjon eller amputasjon. Pasienten kan derved unngå komplikasjoner, idet inngrepet skjer for pasienten utvikler strålingssyndrom. Imidlertid vil det være vanskelig å ta avgjørelse om slike tidlige inngrep fordi erfaringsmaterialet er lite, helkropps-dosen kan være usikker og man kvier seg for et stort mutilerende inngrep basert kun på mistanke. I praksis vil man derfor se tiden an inntil eventuelle nekroser eller komplikasjoner oppstår.

Ved total helkroppsbestråling med doser mellom 5-10 Sv vil benmargsproblemene være kritisk faktor for prognosen. Stamcelletransplantasjon blir sjeldent aktuelt p.g.a. manglende praktiske muligheter eller indikasjon. Materiale til vevsforlik (blodprøve) bør likevel sikres så raskt som mulig. Før prøven tas er det viktig å avklare dette med Statens Strålevern, Avd. Strålemedisin det aktuelle laboratorium (For tiden Rikshospitalet, Medisinsk avdeling A, hematologisk seksjon). Transfusjoner, antibiotika og benmargsstimulerende medikament (GCSF) vil være hovedbehandlingen. Behandlingsprinsippene blir de samme som benyttes ved autolog og allogene benmargstransplantasjon/stamcelletransplantasjon og etter intensiv cytostaticabehandling. Ved doser opp mot 10 Sv vil symptomer fra tarm ofte dominere tidlig i sykdomsforløpet ved at disse starter tidligere og er mer dramatisk enn benmargsaplasien. Behandlingen er antibiotika og korrigerende av væske/elektrolytter/proteiner. Ved store stråledoser mot deler av kroppen kan de bestrålte organene gi spesielle kliniske problemer.

Et praktisk problem for sykehusene er de psykologiske følger av en strålingsulykke. Sykehuset vil trolig oppsøkes av mange mennesker som frykter å ha vært eksponert for stråling og som Ønsker nærmere undersøkelse. Det er vanskelig å gi absolutte retningslinjer, men det er viktig å huske at strålingen avtar meget raskt desto lenger vekk fra strålingskilden man kommer. Også for reelt strålingseksponerte pasienter vil psykologiske faktorer ofte vanskeliggjøre den kliniske vurderingen. Nedsatt matlyst, nedsatt allmenntilstand, kvalme, oppkast, diaré, osv kan være forårsaket av både stråling og psykologiske faktorer. Det er uansett viktig å få dokumentert initiale symptomer og tegn med tanke på den senere vurdering av pasienten. Dersom det ikke er noe tydelig fall i lymfocytter i blodet de 2 første døgn etter stråling, har pasienten ikke mottatt noen livstruende helkroppsbestråling. Pasienten kan likevel ha en alvorlig stråleskade av en kroppsdel, f.eks. hendene. Vurderingen i slike tilfelle bestemmes helt av det kliniske forløp.

Dersom det etter 2 døgn ikke foreligger noen holdepunkt er for stråleskade eller betydelig intern kontaminasjon, kan pasienten utskrives uten ytterligere tiltak. Ved mistanke om stråleskade skal pasienten etter nærmere avtale overflyttes til sykehus med spesialkompetanse. Stråleskadediagnosen baserer seg på anamnese, klinisk undersøkelse, lymfocytall i perifert blod, spesialanalyser av lymfocytter, måling av radioaktivitet på skadested og i klær samt rekonstruksjon av ulykken. Alle pasienter med mistenkt stråleskade skal følges opp etter utskrivelsen i samarbeid med Strålevernet.

Ekstern kontaminasjon:

Akuttmedisinske prosedyrer har alltid prioritet framfor enhver strålerelatert behandling eller bekymring. Strålingsfaren for personalet er minimal. Dersom pasientens kliniske tilstand ikke krever øyeblikkelig livreddende tiltak, skal han/hun undersøkes med tanke på eventuell kontaminering med Geigerteller. Dette gjøres med og uten probe i henhold til bruksanvisning, (se bak i heftet). Ved positive måleresultater (verdi over 10 m Gy/h eller 1 telling/sekund (s^{-1})) skal klærne taes av, legges i en plastsekk og merkes. Klærne skal senere undersøkes av Statens strålevern for beregning av stråledose. Pasienten dusjes godt inklusive hårvask og rensing av negler. Større kontaminerte sår vaskes dersom pasientens tilstand tillater det. Etter grundig vask og sårstell kan pasienten behandles på helt ordinær måte og er uten strålingsfare for omgivelsene. Ved negative måleresultater er vasking ikke nødvendig. Personalet bruker overtrekksklær, engangshansker og overtrekksko ved håndteringen av disse pasientene. Etter bruk skal dette legges i en egen sekk og merkes. De emballerte plastsekker oppbevares i rom der det ikke ferdes mennesker til vanlig (lagerrom i kjeller osv.) Den kontaminerte pasient og personalet med overtrekksklær bør ikke bevege seg ut av det aktuelle behandlingsrom i mottagelsen. Dette for å unngå at radioaktive partikler spres utover i sykehusmiljøet. Vann som er brukt til å vaske kontaminert pasient kan gå rett i avløpet uten spesielle rensetiltak. Etter at personalet har tatt av seg overtrekksklær skal man måle hverandre for å sikre at det ikke foreligger rester av radioaktive partikler i hår, ansiktshud, hender e.l. Ved positiv måling skal man ta en grundig dusj inklusive hårvask. **Detaljerte malinger må aldri fortrenge adekvat medisinsk behandling.** Det er svært viktig at måleapparatet justeres og innstilles riktig i henhold til bruksanvisningen og at det ikke må komme radioaktivt materiale på måleren fordi dette vil forstyrre målingene. Bruk derfor plastovertrekk på måleren, overtrekket skiftes ved mistanke om søl på apparatet. **Håndteringen av en kontaminert pasient blir på mange måter tilsvarende som for smittepasient.**

Intern kontaminasjon:

Hos kontaminerte pasienter skal det gjøres prøvetaking med en vattpensel i hvert nesebor. Positivt måleresultat i begge vattpensler indikerer at inhalasjon av radioaktive forbindelser har skjedd. Tilsvarende enkle undersøkelser for kontaminasjon av fordøyelsessystemet finnes ikke. Det finnes ingen enkel metode for å fjerne radioaktive partikler fra kroppen, men enkelte medikamenter kan redusere skadevirkningene av intern kontaminering. Behandlingseffekten (særlig jod) er avhengig av at medikamentene gies kort tid etter at pasienten er blitt eksponert, helst innen 1-2 timer. Følgende medikamenter brukes når radioaktive stoffer er kommet inn i kroppen via innåndning eller mat og drikke. Medikamentene kan også gies forebyggende når det er stor fare for intern kontaminasjon de nærmeste timene:

Ved radioaktiv jod: Kaliumjodid tabl. 200mg. 1 tabl. engangsdose eller mer individualisert. Må gies innen 6 timer etter eksposisjonen, særlig viktig for barn.

Ved radioaktiv cesium: Berlinerblått («Prussian Blue») tbl. 1 g. 1 tabl. x 3 dgl. i 1 uke.

Ved radioaktivt strontium: Link tbl. 1.1 g, 2 tabl. x 3 dgl. i 1 uke (eller tilsvarende medikament/dose).

Disse medikamentene er lite toksiske og gies ved mistanke om intern kontaminering, om nødvendig kan man gi alle 3 preparatene. Andre medikamenter og metoder har mer bivirkninger eller er mer omdiskutert hva angår effektivitet. Disse skal kun brukes ved spesialavdeling. NB: Det skal kun gies behandling dersom pasienten er kontaminert!

Sikring av biologisk-materiale til analyse:

Dette er viktig for å kunne anslå stråledose og dermed prognose og evt. videre behandling. Det skal taes blodprøve for telling av røde blodlegemer, hvite blodlegemer, blodplater og lymfocytter. I tillegg til blodtellingene taes leverenzymmer, NT, nyrefunksjonsprøver, elektrolytter samt albumin og totalprotein. Det taes også blodprøver til senere biologisk dosimetri og vevstyping (1 glass heparinblod, 2 glass fullblod uten tilsetning og 3 glass ACDblod). Urinen samles, emballeres og merkes med dato og klokkeslett slik at hver vannlating lagres for seg. Dette brukes senere for å vurdere den interne kontaminasjonen hos pasienten. Avføring/diaré, ekspektorat og oppkast bør om mulig også samles av samme årsak.

Biologisk dosimetri

Ved stråleskade av mindre deler av kroppen (eks. hendene) vil diagnose, behandling og oppfølging være basert på de kliniske funn alene. Spesielt er utbredelse og grad av erythem viktig. Det finnes ingen enkel metode for å måle slik stråleskade. Ved bestråling av hele kroppen er dette enklere. Ved større stråledoser (mer enn 1 Sv helkroppsstråling) vil det kliniske bildet og lymfocytt-tellinger ofte være diagnosisk. Ved mindre stråledoser må spesialundersøkelser utføres for å vurdere dosenivået. Det finnes flere typer spesialundersøkelser til dette formål. Statens strålevern har et system basert på genetisk skade («mikrokjernemetoden») som vil diagnostisere stråledoser på mer enn 0,1 Sv helkroppsstråling. Ved mistanke om stråleskade skal det derfor taes ut et ekstra blodprøveglass (NB: heparinglass!) som skal undersøkes ved laboratoriet til strålemedisinsk avdeling, Statens strålevern. «Mikrokjernemetoden» baserer seg på dyrkning av lymfocytter, og en ulempe med alle slike undersøkelser er at det tar 5 - 6 dager før svaret foreligger. God klinisk vurdering og enkle blodprøver vil derfor også i fremtiden være basis for diagnose og behandling av stråleskadde pasienter.

Ordliste

Absorbent dose	Mengden av stråling absorbert i kroppen. Enheten for absorbert dose er Gray (Gy). Vanligvis er 1 Gy = 1 Sv (Sievert), men det er unntak ved nøytron og alfastråling. Fysisk definisjon på absorbert dose er absorbert energi pr. masse enhet (J/kg=Gy)
Aktivitet	Mengde av radioaktivt materiale uttrykt som antall kjerneomvandlinger pr sekund ($1s^{-1} = 1$ Becquerel)
Alfapartikkel	En partikkel bestående av 2 nøytroner og 2 protoner som kastes ut fra kjernen av et radioaktivt stoff. Partikkelen har lav gjennomtrengningskraft og kort rekkevidde. Kun farlig når partiklene kommer inn i kroppen f.eks. i lunger eller fordøyelsen. Symbol: α .
Atom	Den minste enhet av alle grunnstoff. Atomet består av en sentral kjerne med protoner og nøytroner, og elektroner som roterer i bane rundt kjernen.
Atomulykke	Ulykke i kjernekraftverk e.l. med geografisk spredning av radioaktivitet.
Bakgrunnsstråling	Strålingen i naturen som inkluderer stråling fra verdensrommet og fra radioaktive stoffer i bergarter, jordsmonn og i kroppen selv. Kalles også naturlig stråling.
Becquerel	Måleenhet brukt til å beskrive mengden radioaktivitet i et materiale. 1 Becquerel = 1 atomspalting pr sekund. Symbol: Bq.
Betapartikkel	En liten partikkel (elektron) som kastes ut fra atomkjernen i et radioaktivt stoff. Middels gjennomtrengningskraft. Rekkevidden og dermed skadepotensiale avhenger av energien til partikkelen. Symbol: β .
Biologisk halveringstid	Tiden som trengs for at halvparten av et stoff i kroppen er blitt skilt ut.
Dekontaminering	Fjerning av radioaktiv forurensning.
Detektor	Den følsomme enhet av måleinstrument for bl.a. ioniserende (radioaktiv) stråling.
Dose	Mengden av absorbert stråling, se «Absorbent dose».
Doserate	Den absorberte dosen pr. tidsenhet, vanligvis Sievert (Sv) pr time. Brukes for å tallfeste strålings-

	faren i en ulykke.
Dosimeter	Dosemålingsinstrument.
Halveringstid	Tiden det tar før mengden av radioaktivitet i et stoff er halvert.
Ekvivalent dose	Produktet av absorbert dose og en strålingsvektfaktor, aktuelt ved nøytron og alfastråling. Angis i Sievert (Sv).
Gammastråler	Elektromagnetisk stråling (bølger) med høy energi, som kommer fra atomkjernen. Stor gjennomtrengningskraft og kan gi store skader i kroppen. For denne strålingstypen er Gray (Gy) = Sievert (Sv) (vektfaktor = 1). Vanligvis den mest alvorlige stråling ved en strålingsulykke. Symbol: γ .
Geigerteller	Strålemålingsinstrument.
Gray	Måleenhet for absorbert dose i kroppen. Symbol: Gy.
Intern eksponering	Stråling fra radioaktivt materiale som har kommet inn i kroppen.
Ion	Et atom som ikke er elektrisk nøytralt, dvs. med positiv eller negativ nettoladning.
Ionisering	Prosessen der elektroner løsriver fra atomet og etterlater atomet i elektrisk ubalanse.
Ioniserende stråling	Stråling som produserer ioner. Når ioniserende stråling treffer cellen blir atomene/molekylene i cellen ionisert og dette gir betydelig celledskader. Disse skadene kan så føre til sykdom.
Kapslet kilde	Et radioaktivt stoff som er innesluttet i en kapsel, tilsvarende lukket kilde.
Kontaminering	Radioaktiv forurensning av dyr, mennesker eller planter.
Lukket kilde	Se kapslet kilde.
Mikro	En milliondel. En mikro Sv er en milliondel Sv. Symbol: μ
Milli	En tusendel. En milli Sv er en tusendels Sv. Symbol: m
Radioaktivitet	Stråling med alfa, beta eller gammastråler.
Røntgenstråler	Stråling fra røntgenapparat. Har samme egenskaper som gammastråling.

Sievert

Enhet for stråledose. For gamma og betastråling er $1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy}$. For nøytroner og alfastråling blir $1 \text{ Gy} = 5\text{-}20 \text{ Sv}$, avhengig av en kvalitetsfaktor. Sievert brukes i dette hefte som mål på stråledosen kroppen har mottatt.

Symbol: Sv.

Strålingsulykke

Ulykke med strålekilde, få personer er bestrålt og ingen stor geografisk spredning av radioaktivitet.

Åpen kilde

Radioaktivt stoff som ikke er kapslet og som derved kan spres rundt i omgivelsen.

Bruksanvisning for geigerteller

Geigerteller kan brukes til å anslå såvel stråledose som grad av kontaminering. Instrumentet brukes på to måter, enten grunninstrumentet alene eller med påkoblet probe. Det er uhyre viktig at man ikke får radioaktive partikler på selve apparatet eller proben. Dette vil i så fall gi altfor høye verdier ved målingene. Bruk plastovertrekk på måleren, skift overtrekk ved mistanke om søl på apparatet. Ved forurensning må apparat og probe tørkes godt av med en ren klut. Probens måledel tåler ikke berøring. Ved måling holdes apparatet, evt. proben, rettet mot strålekilden. Den viktigste målingen på skadestedet er med grunninstrumentet alene som vesentlig måler gammastråling. I en akutsituasjon er dette den viktigste helseskadelige strålingsformen som diskutert foran i heftet.

1. GRUNNINSTRUMENTET ALENE:

Den viktigste informasjonen på et skadested er strålingen pr. tidsenhet, dvs doserate med benevnelse mikro (μ) eller milli (m) Gy/time (h). Geigertellere bruker ofte Gy som enhet, ved gammastråling vil dette tilsvare Sv.

En godt egnet Geigerteller til bruk ved strålingsulykker bør ha måleområde fra 1 μ Gy/h til 999 mGy/h. Måleverdier mindre enn 0,5 μ Gy/h, er gjerne naturlig bakgrunnstråling på stedet. Det er da ingen strålekilde ute av kontroll. Ved måleverdier på mer enn 1 μ Gy/h (apparatets laveste måleverdi) finnes derfor unaturlig radioaktiv stråling på stedet. I forbindelse med en ulykke vil måleresultater med prefix μ (mikro) bety at helsefaren er helt minimal. Ved prefix m (milli) kan stråleskade oppstå. Den dosen pasient eller helsepersonell mottar er doserate x tid, dvs. tallet måleinstrumentet viser i posisjon 1 ganget med antall timer man er bestrålt. Akustisk alarm kan stilles inn på ønsket nivå (se brukerveiledning).

Eks. 1:

Instrumentet viser 230 μ Gy/h, og personen har vært utsatt for denne stråleintensiteten i 10 timer. Dette gir totaldose $230 \times 10 \mu\text{Gy} = 2300 \mu\text{Gy} = 2,3 \text{ mGy} = 0.0023 \text{ Gy}$ (tilsvarer 0.0023 Sv)

Eks. 2:

Instrumentet viser 120 mGy/h og pasienten har vært utsatt for dette i 20 minutter. Da har personen fått $120 \times 1/3 \text{ mGy} = 40 \text{ mGy} = 0,04 \text{ Gy}$, (tilsvarer 0.04 Sv).

Eks. 3:

Instrumentet viser 600 mGy/h og pasienten er eksponert i 5 timer. Dette gir totaldose $600 \times 5 \text{ mGy} = 3000 \text{ mGy} = 3 \text{ Gy}$.

Eksempel 1 gir en dose uten medisinsk betydning, eksempel 2, kan tenkes å gi en liten mulighet for helseskade på lang sikt, men aldri akutt stråleskade, mens eksempel 3 ofte gir symptomer, men sjelden i livstruende sykdom. Vi ser at tiden man utsettes for stråling er like viktig som den doseraten man mottar. Den totale dosen utregnet ovenfor kan man også få fram ved å trykke på taster på instrumentet i henhold til bruksanvisningen. Konklusjonen er derfor at man uten fare for seg selv kan hente ut en pasient i et område med sterk stråling dersom det gjøres hurtig. Akseptert nivå for hjelpepersonell ved akutt livreddende innsats er 0,5 Sv (=500 mSv = 500.000 μ Sv). Ved annen innsats enn livreddende bør dosen holdes under 0,1 Sv (= 100 mSv = 100.000 μ Sv).

2. PROBE PÅMONTERT:

Proben brukes primært til å oppdage ekstern kontaminasjon. Verdier mindre enn 1 s^{-1} (en telling pr. sekund) betyr at pasienten ikke er radioaktivt forurensset av betydning. Ved verdier over 1 s^{-1} må renseprosedyre utføres som beskrevet tidligere. Proben holdes da i kort avstand (0,5 - 3 cm) fra personen.

Det ovennevnte baserer seg på den enkleste bruk av instrumentet. Dersom man ønsker bruke de andre muligheter instrumentet gir, må man lese bruksanvisningen nøye og trene i bruken av det. Dette for å unngå misforståelse og rot med knappene på instrumentet i en stresset situasjon.

**NB: Vær særlig oppmerksom hvilket av prefiksene μ og m som står foran måletallet. Apparatet kan gi fra seg mye lyd uten at dette betyr farlige doseområder.
En detaljert bruksanvisning følger vedlagt den enkelte geigerteller.**