

Strålefare hos tannlegen, frem til i dag



Jonar Storesund, Eirik Mørch Aaen

Det Odontologiske Fakultet, Universitetet i Bergen. 2010

Veileder: Professor Agnar Halse, Klinikk for Odontologisk
Røntgendiagnostikk



INNHold

INNLEDNING	s. 3
Målsetning	s. 3
Historisk bakgrunn	s. 3
DET FYSISKE GRUNNLAGET	s. 4
Atomet	s. 5
Stråling	s. 5
Begreper	s. 5
STRÅLESKADER	s. 6
Typer stråleskader	s. 7
ULYKKER	s. 9
STRÅLING I HVERDAGEN	s. 10
Radon	s. 11
Medisinsk stråling	s. 11
Dental Røntgen	s. 12
Regelverk	s. 12
NÅR UHELLET ER UTE	s. 14
HVOR STOR ER RISIKOEN?	s. 16
ARTIKLER	s. 17
”Dental X-rays and the Risk of Intracranial Meningioma”	s. 17
”Antepartum Dental Radiography and Infant Low Birth Weight”	s. 20
OPPSUMMERING	s. 24
ABSTRACT	s. 25
REFERANSELITTERATUR	s. 26
VEDLEGG, DIVERSE KORRESPONDANSER	s. 28

Innledning

Målsetning

I denne oppgaven gir vi en oversikt over ioniserende stråling generelt, den historiske bakgrunnen, og skadevirkninger ved ulike stråledoser. Vi retter spesiell oppmerksomhet mot odontologisk bruk av røntgen. I et avsnitt vil vi se nærmere på ulykker og uhell, både store og små.

Til tross for at stråledosene og dermed farene stadig er blitt redusert, er det frem til nå kommet rapporter om skader etter odontologisk bruk. Vi vil referere og kommentere to slike artikler, publisert i anerkjente tidsskrift, fra 2000-tallet.

Historisk bakgrunn

Det forskningsarbeid som førte til oppdagelsen av røntgenstrålingen startet allerede i 1837 ved Michael Faraday. Han studerte virkningen av elektriske utladninger i luft og forskjellige gassarter. ¹Arbeidet ble videreført av Sir William Crookes i 1878, mens Heinrich Rudolf Hertz og Philipp Eduard Anton von Lenard fortsatte arbeidet i 1892. Først i ettertid ble man klar over at Crookes frembrakte røntgenstrålinger i sine forsøk, men uten å være klar over det selv. Røntgenstrålingens endelige oppdagelse ble gjort en fredag ettermiddag, 8. november 1895, av Wilhelm Conrad Röntgen, vitenskapsmann og fysiker ved universitetet i Würzburg. Røntgen og anestesi regnes som to store oppdagelser og har begge revolusjonert både lege- og tannlegeyrket. ²

En oppdaget tidlig at røntgenstråling kunne ha skadelig virkning. Allerede i 1903 beskrives de carcinogene egenskapene til røntgenstråling i en artikkel om Thomas A. Edison og hans assistent Clarence Dally som begge ble utsatt for gjentatte bestrålinger under Eddisons forsøk. "In the beginning his hair begun to fall out and his face began to wrinkle. Then dermatitis, or inflammation of the skin, set in, and manifested itself in a sore on the back of his left hand." Dallys venstre arm ble tilslutt diagnostisert med hudkreft og amputert. ³

I 1928 ble "International X ray and Radium Protection Committee" grunnlagt av ISR (the international society of radiologist physicians) . Først i 1950 ble navnet endret til det vi kjenner det som idag: "International Commission on Radiological Protection", forkortet ICRP. Denne kommisjonen er upolitisk og har siden oppstarten kontinuerlig samlet og bearbeidet

informasjon om ioniserende stråling. På basis av dette har de utgitt anbefalinger til hvordan man skal forholde seg til stråling. Kilder til menneskets kunnskap vedrørende stråleskader dreier seg i hovedsak om eksperimenter og observasjoner av personer som har vært utsatt for betydelige stråledoser. En mener da dyre- og laboratorieeksperimenter, samt forskning på personer utsatt for bestråling i forbindelse med medisinsk diagnostikk og terapi, strålingsulykker, atombomber og i sitt arbeid. Her utgjør ICRP's publikasjoner en stor del av materialet.⁵

På 1920-tallet trodde man at farene ved bestråling i hovedsak dreide seg om forbrenning, og elektriske støt ved berøring av røntgenapparatet. Man holdt fremdeles mulighetene åpne for eventuelle ukjente skadevirkninger, men siden eksponeringen den gang kun varte i et par sekunder utviste de ikke den forsiktigheten vi gjør i dag.⁸

I 1946 mottok Hermann Joseph Muller Nobelprisen innen medisin og fysiologi for å ha oppdaget dannelsen av mutasjoner som følge av røntgenstråling, og bidro med enda en indikasjon på røntgenstrålingens skadevirkninger.⁴



Det Fysiske Grunlaget

Røntgen er et av tannlegens mest brukte og sikre diagnostiske hjelpemiddel. Også blant allmennheten anses bruk av røntgen som en akseptert og trygt diagnostisk verktøy til bruk for helsepersonell. Det er likevel nødvendig med fokus på røntgenstrålingen og dens bivirkninger i forhold til operatør og pasient. Før vi beveger oss videre til å diskutere mulige skader, vil vi gi en oversikt over den fysiske bakgrunnen.

Atomet

For å kunne forstå den molekylærbiologiske effekt av stråling er det nødvendig å ha kjennskap til atomers konstruksjon og strålingens karakter. Bohrs atommodell beskriver atomets oppbygning som et solsystem, der en i midten finner kjernen (solen) med elektronene svevende rundt som planeter. Kjernen består av positivt ladede protoner og elektrisk nøytrale nøytroner. Elektronene er negativt ladd og da atomene i deres grunnform er elektrisk nøytrale vil antallet protoner og elektroner være identisk. Antallet nøytroner kan variere og gir derfor atomer med ulik masse, kalt isotoper. Isotoper av det samme grunnstoffet har de samme kjemiske egenskaper, men ulike fysiske.⁵

Stråling

En har mange former for energi, en er strålingsenergien. Den karakteriseres ved at energien forplanter seg bort fra kilden, enten som elektromagnetiske bølger eller som partikkelstråling. Kan eksempelvis oppstå fra elektriske svingninger (radiobølger), molekylære vibrasjoner (varmebølger), elektronvibrasjoner (synlig lys) og ved hastighetsreduksjon av elektroner (røntgenstråling). Selv om litteraturen bruker betegnelsen "bølger", er faktum det at energien transporteres i form av kvanter ("energipakker"), hvor hver kvante omtales som et foton. Fotonets egenskaper karakteriseres ved at de beveger seg i en konstant hastighet (300 000 km/s), men kan ha forskjellige bølgelengder og frekvenser. Røntgenstråling er en elektromagnetisk stråling med bølgelengde ca 0,01-0,1 nm. Hvert foton har meget høy energi f.eks sammenlignet med synlig lys.

Begreper

For riktig å kunne forstå ulike verdier innenfor strålingsbegrepet er det nødvendig med en oversikt over de mest brukte ord og enheter innenfor emnet.⁶

Energi: evnen til å utføre arbeid. Måles i Joule.

Ioniserende stråling: Stråling fra radioaktivt stoff, røntgenstråling og partikkelstråling.

Absorbert dose: Mål på avsatt energi pr kilo kroppsvekt. Måles i Gray (Gy). Dette er ikke noe entydig mål på skadelighet, ettersom det også vil avhenge av hvilken type stråling det dreier seg om, hvilket organ som bestråles, i tillegg hvor mye energi som avsettes. Det betyr at stråling som ikke avsetter energi i kroppen, heller ikke vil gi biologisk virkning.

Ekvivalent dose: Forskjellige typer stråling som avsetter like mengder energi i vevet, men vil kunne fremprovosere ulik biologisk effekt. Eksempelvis vil 1 Gy alfastråling være 20 ganger mer skadelig enn 1 Gy beta- eller gammastråling, og vil slik gi ulik ekvivalent dose. Måles i Sivert (Sv). For røntgenstråling er omsetningsfaktoren 1 og dermed er 1 Gy lik 1 Sv.

Effektiv dose: Når man skal sammenligne doser fra forskjellige strålekilder, og som gir doser til forskjellige organer, multipliserer man den ekvivalente dosen med en vektingsfaktor for hvert organ og man får da effektiv dose. Faktorene er beregnet ut fra epidemiologiske- og radiobiologiske studier. For eksempel vil testikler ha en høy faktor, mens mage-tarm vil ha lav. Effektiv dose tar hensyn til organets eller vevets følsomhet. I tannlegens nærområde har glandula thyroidea en høy vektingsfaktor. Effektiv dose måles i Sivert (Sv).⁵

Halveringstid: Med halveringstid menes den tid som et antall radioaktive atomer bruker på å halveres i antall.

Lethal dose (LD): dosen som kreves for at bestrålingen medfører død av en organisme.

Stråleskader

Foruten å være et uvurderlig hjelpemiddel innen diagnostikk og helbredelse har stråling også potensielt skadelige virkninger. Stråleskade oppstår på cellenivå som følge av molekylærbiologiske forandringer.

Vi deler videre inn i direkte og indirekte virkninger av ioniserende stråling. Direkte effekt innebærer at strålingen fører til umiddelbare forandringer i makromolekylers struktur, som igjen fører til mutasjoner. En antar at den indirekte effekt først har virkning på vannmolekyler. Strålingen fjerner et elektron fra vannmolekylet ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}^+ + e^-_{\text{aq}}$) og når et ionisert vannmolekyl kolliderer med et elektrokjemisk nøytralt vannmolekyl oppstår frie radikaler ($\text{H}_2\text{O}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{OH}^\cdot + \text{H}_3\text{O}^+$). De frie radikalene er svært reaktive og fører igjen til forandringer i cellenes makromolekyler. Forandringene har særlig betydning i DNA-molekylene. Felles for de direkte og indirekte effektene er at reaksjonene skjer momentant, i løpet av brøkdelen av et sekund. Den biologiske effekten i cellene ser en først timer, dager, måneder eller år etter bestrålingen, avhengig av stråledose. Det er også holdepunkter for at cellene i omfattende grad er i stand til å reparere slike skader.⁵

Typer stråleskader

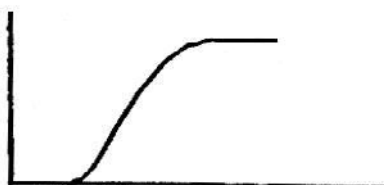
Stråleskadene kan deles inn i *genetiske* og *somatiske*, hvor sistnevnte kan deles inn i deterministiske og stokastiske.

Genetiske skader er mutasjoner i kjønnsceller og manifesterer seg tidligst i neste generasjon.⁵ Mutasjoner kan oppstå spontant, og det kan være vanskelig å skille disse fra de stråleinduserte. Den naturlige bakgrunnsstrålingen antas å ha en innvirkning på disse spontane mutasjonene, men i hvilken grad er usikkert.⁵

Somatiske skader innebefatter alle andre type stråleskader som ikke faller inn under de genetiske. Somatiske skader vil slik begrense seg til den eller de personene som har vært utsatt for strålingen. Videre deles disse inn i stokastiske og deterministiske, hvor de deterministiske kan forutses med en viss grad av sikkerhet, mens de stokastiske i stor grad er tilfeldige.

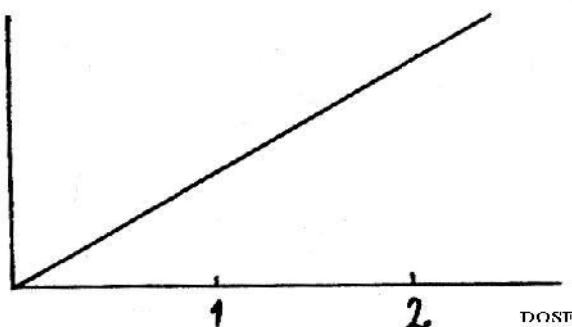
Deterministiske stråleskader kjennetegnes ved en klar sammenheng mellom bestråling og skade, kort latenstid, og kjente terskeldoser. Dette kan eksemplifiseres ved røntgenstråling og erytemdannelse, hvor datidens lærebok fra 1920-tallet forteller om erytemet som vil kunne oppstå når gjennomsnittlig maksimaldose overskrider 1800 milliampèresekund, spenning på 63 kV, og en avstand på 45 cm fra strålekilde til objekt.⁷ Et enda enklere eksempel er solbrenthet. Deterministiske skader oppstår når tilstrekkelig antall celler i vev eller organ drepes, og videre funksjonen bortfaller. De kan derfor observeres kort tid etter bestråling, og faller ofte under betegnelse *akutte skader*.⁵

EFFEKT



EFFEKT

DOSE



Graf som viser fare for å utvikle en stokastisk stråleskade avhengig av dosen

Graf som viser faren for å utvikle en deterministisk stråleskade, avhengig av dosen.⁸

Ved massiv bestråling av hele kroppen kan det oppstå en rekke ulike symptomer, omtalt i litteraturen som akutt strålingssyndrom.⁵ Virkningene og symptomene kan sees hos personer som har vært utsatt for en ulykke, eller i forbindelse med en atomprøvesprengning og derfor har vært utsatt for store engangsdoser. I tilfeller med noe lavere doser vil skadene kunne være begrenset til fall i leukocyt-, granulocyt- og erytrocyttantallene. Munnhulen preges av inflammet vev og hevelse i gingiva. Da den blodproduserende benmarg vil kunne være affisert kan denne tilstanden være dødelig opptil en incidens på 50 %, og døden kan inntre etter noen uker eller måneder. Videre preges tilstanden av diarè og betydelig væsketap i kroppen. Pasienter i en slik tilstand vil ha nedsatt motstandsdyktighet og bør isoleres og skjermes for infeksjonsfare. I de minst alvorlige tilfeller vil personene føle seg kvalme, utilpasse og uopplagte. Generelt vil 3 Sv innebære en betydelig risiko for å dø av akutt strålesyke, og ved over 6 Sv er sjansen for å overleve liten. Enkelte kan overleve opptil 10 Sv.⁹

Stokastiske stråleskader kjennetegnes ved at de ikke har noen nedre påviselig terskelverdi og tilsynelatende tilfeldig forekommende. Ved lavere stråledoser er sannsynligheten for en påfølgende skade redusert, men det potensielle skadeomfanget uforandret. Skadene kan ha lang latenstid. Det er ikke nødvendigvis slik at de som mottar størst stråledoser blir ofre for en stråleindusert skade. Faktorer som alder, individuell strålefølsomhet, perioden bestrålingen strekker seg over, og miljøpåvirkning spiller inn. Slik vil ikke alle personer utsatt for betydelig bestråling utvikle cancer, men de stokastiske stråleskader vil bidra til en økning av spontane cancertilfeller. En stråleindusert cancer kan inntre så sent som 40 år etter bestråling. Forskning og sannsynlighetsberegning i forhold til stokastiske stråleskader er da problematisk, og krever oppfølging av store mengder bestrålte individer og kontrollpersoner over lang tid. En er imidlertid av den oppfatning at de minste stråledoser antas å ha en skadelig virkning.⁶

Ulykker

Stråleskader på mennesker grunnet ulykker har forekommet og nær halvparten av disse er av industriell årsak, da reaktorulykker.¹⁰ Noen av de mest kjente reaktorulykkene er Tsjernobyl (Ukraina 1986), Kyshtym (Russland 1957), Windscale Pile (UK 1957), Three Mile Island (USA 1979), hvor førstnevnte var den mest alvorlige.^{10 11} Kort om Tsjernobylulykken hendte denne under utprøving av nødstrømsforsyning, og av ulike grunner endte forsøket i en eksplosjon og spredning av store mengder radioaktivt avfall. I dagene etter ulykken kunne en registrere forhøyede nivåer av radioaktive stoffer i luften over store deler av Europa. 29 personer døde umiddelbart etter ulykken eller i løpet av de første månedene som følge av akutt strålingssyndrom. Dette var hovedsakelig brann- og redningsmannskap. En observerte ikke deterministiske stråleskader hos 135 000 evakuerte innenfor en 30 km sone.⁵ Langtidseffekten for befolkningen i Nord- og Øst-Europa er i dag ikke kjent.²

Grunnet vind og nedbørsforhold under og etter ulykken var Norge et av de landene som ble rammet hardest av radioaktivt nedfall. De største nedfallsmengdene opplevde trøndelagsfylkene og sentrale deler av Sør-Norge og store utmarksområder brukt som beite for rein og sau ble da forurenset av den radioaktive isotopen cesium-137. Selv i dag over 20 år etter ulykken er det nødvendig med årlige nedforinger av sau for at kjøttet skal nå et akseptabelt radioaktivt nivå.^{12, 13} I følge media har utgiftene den norske stat har hatt i forbindelse med Tsjernobylutslippene ble i 04/05 beregnet til omtrent 500 millioner norske kroner, i tillegg kommer de årlige omkostningene vi fremdeles har på ca 15 millioner.¹⁴

Ser en bort i fra ulykker skiller atombombingen av Hiroshima og Nagasaki (Japan 1945) seg klart ut. Mot slutten av 2. verdenskrig slapp amerikanske fly de to hittil eneste atombombene brukt i krig over to japanske byer. I Hiroshima ble ca 200 000 drept, mens 100 000 ble skadd. En regner med at 80-90% av byens areal ble ødelagt. I Nagasaki ble ca 39 000 drept, mens 40 000 skadd. En regner med at omkring 1/3 av byens areal ble ødelagt¹⁵. En del døde av selve eksplosjonsvirkningen, mens personer som ble utsatt for bestråling i større doser døde som følge av akutt strålingssyndrom. Etter bombingene kunne man med en viss grad av sikkerhet rekonstruere hvilke doser en gruppe på ca 76 000 hadde vært utsatt for. Disse representerer den største gruppen av bestrålte individer, og har siden blitt fulgt nøye. Undersøkelser i ettertid viser at en 70-åring som ble eksponert for stråling som 30-åring hadde

en øket risiko for cancer (leukemi, cancer i bryst, lunger, gl. thyroidea, mage-tarm) som steg 47 % per mottatt Sv.⁵

Fra Norge er ulykken på Kjeller utenfor Oslo det meste kjente og alvorlige tilfellet. I 1982 døde en ansatt ved en steriliseringsentral for medisinsk utstyr etter et arbeidsuhell. På grunn av både menneskelig og teknisk svikt gikk operatøren inn i rommet hvor bestråling pågikk, uten at maskinen var avskrudd. Selve bestrålingen pågikk sannsynligvis over flere minutter. Han ble kort tid etterpå funnet svært syk sittende utenfor fabrikkkanlegget, før han ble fraktet til sykehus. Det ble først da oppdaget at personen hadde vært utsatt for bestråling uten selv å ha vært klar over det. Utover kvelden ble han febril, og opplevde senere oppkast og kvalme. Det ble også oppdaget erytem i ansiktsregion og på overkropp. Pasienten ble gradvis verre og sår munn og svelg, kløende øyne, rødlig ansiktsfarge var noen av symptomene. Etter flere dager så en klare endringer i blodsammensetningens leukocyt- og blodplateinnhold. Pasienten døde 13 dager etter uhellet som følge av skadene han hadde pådratt seg, etter en hel-dose-bestråling estimert til omkring 10-30 Gy.¹⁶

Stråling i hverdagen

Naturlig stråling

Stort sett alt vi omgir oss med på jorden inneholder naturlig radioaktive stoffer, og den naturlige strålingen utgjør hovedkomponenten (ca $\frac{3}{4}$) av gjennomsnittsdosen til den norske befolkning. Radioaktive stoffer i berggrunn og jordsmonn, stråling fra solen, kosmisk stråling, og radioaktive stoffer som dannes i atmosfæren utgjør den naturlige strålingen.¹⁷

Partikler som protoner (85%), alfapartikler (13%) og store atomkjerner treffer jordkloden hele tiden, og utgjør den kosmiske strålingen. Atmosfæren fungerer som en beskyttelsesmekanisme mot disse partiklene og solstråling.

Hver dag utsettes vi for stråling fra våre omgivelser, både naturlig og menneskeskapt stråling. Fra verdensrommet utsettes vi for en høyenergetisk partikkelstråling (primærstråling), hvor strålingen dels består av galaktiske stråler, og dels av stråler med opphav fra solen. Denne strålingen er svært energirik. Idet partiklene fra den kosmiske strålingen treffer vår atmosfære, utløses reaksjoner med kjernene til atomene i luften. Da oppstår ny ioniserende

partikkelstråling og elektromagnetisk stråling. Denne sekundære strålingen har imidlertid betydelig lavere energiinnhold enn overnevnte primære stråling. Den kosmiske strålingen er sterkere proporsjonalt med økt avstand fra jorden, slik at man under en flyreise utsettes for betydelig høyere doser enn man gjør på jorden.

En ofte omtalt form for menneskeskapt stråling er den som oppstår i forbindelse med prøvesprengninger. Ved de hyppige prøvesprengninger av atomvåpen i perioden etter andre verdenskrig ble store mengder radioaktivt stoff transportert ut i atmosfæren. Disse stoffene ble over tid fraktet tilbake til jorden for eksempel via regnvann, og tatt opp i kroppen via drikkevannet. Atomene er hovedsaklig Cesium, Strontium og Jod.⁵

Radon

I forbindelse med stråling og farene med dette er det i Norge naturlig å trekke inn radongass. Med god grunn behandles dette ofte i media. I mange land er radon, etter røyking, den nest største grunnen til lungecancer.¹⁸ Norge er et av de landene i verden med høyest radon konsentrasjon i luft innendørs¹⁹, og en har anslått at det i Norge årlig dør 300 mennesker av lungekreft grunnet radon.²⁰

Radon er en lite reaktiv gass og dannes gjennom radioaktiv nedbrytning av uran, som en finner i jord og stein, spesielt granitt.¹⁸ Gassen siver opp gjennom jordskorpen og akkumuleres i luften inne i boliger. Radon, som er uten lukt og farge, pustes inn og grunnet sine radioaktive egenskaper kan den føre til cancer. Mengden gass som siver inn i et hus varierer, og en kan se betydelige forskjeller i radonnivået hos geografisk nærliggende hus. Radonnivåene er som regel høyere i kjeller siden gassen gjerne siver inn i hus gjennom sprekker i grunnmuren og avløpsrør. En anbefales av denne grunn å legge sove- og oppholdsrom over bakkenivå, spesielt i områder med mye uran i jordsmonnet.¹⁸

Medisinsk stråling

Innenfor medisinen har stråling flere bruksområder, slik som vanlig røntgen, CT og stråleterapi i forbindelse med kreftbehandling. Ved bestråling vil vevene i ulik grad absorbere strålene og slik gi informasjon om anatomiske, funksjonelle og dynamiske forhold hos pasienten.

En enkel form for røntgendiagnostikk er dental røntgen slik vi kjenner den brukt hos tannlegen. Bildet vises enten digitalt eller direkte på røntgenfilmen, og gir et todimensjonalt bilde av vevet.

CT (computed tomography) gir gjennom databehandlet snittfotografering et tredimensjonalt bilde av vevet. Stråledosen fra en CT-undersøkelse er stor sammenlignet med dental røntgen.

21

MRI (Magnetic Resonance Imaging) er også en snittfotografering, men pasienten utsettes bare for ulike magnetfelt, som ikke ser ut til å ha skadelige effekter. MRI gir gjerne bedre bilder av bløtvev enn CT. ²

Ved stråleterapi i forbindelse med kreftbehandling benyttes høyenergetisk røntgenstråling til å drepe kreftceller i målorganet. Strålingen er så energirik at den absorberes tilnærmet like godt i bløtvev som i hardvev.²² For å begrense skaden på friskt vev bestråles pasienten fra ulike vinkler, slik at målet absorberer større doser enn omliggende vev. ²²

Dental Røntgen

Røntgenstråling utgjør den viktigste kilden av menneskeskapt ioniserende stråling i vår del av verden og andre I-land. Røntgenstrålingen benyttes da i forbindelse med medisinsk diagnostiske undersøkelser, i vårt tilfelle dental røntgen.

Dosen vevet blir utsatt for ved dental røntgen avhenger av spenningen på apparatet, filtrering, eksponeringstid, beskyttelse, antall bilder etc.

Regelverk

I Norge har vi i motsetning til Sverige og Danmark ikke en egen veileder for bruk røntgenstråling innenfor odontologien. Vi forholder oss til *Lov om strålevern og bruk av stråling* (2000) og *Forskrift om strålevern og bruk av stråling* (2003), og de paragrafene som er retningsledende for odontologisk bruk. Bestemmelsene omfatter blant annet indikasjon, teknisk utførelse og operatøren.

Følgende er hentet direkte ut av *Forskrift om strålevern og bruk av stråling* hvor en i paragrafene 29-33 finner forhold som særlig tannleger og leger må innstille seg etter:

§ 29. Berettigelse

Nye metoder og anvendelser av stråling i medisin skal være vurdert å være berettiget på et generelt grunnlag før de brukes allment. Eksisterende bruksområder og metoder skal vurderes på nytt, når det fremkommer nye opplysninger om deres effektivitet eller virkninger.

Det skal vurderes om bruken av stråling er berettiget med hensyn til den enkelte pasients individuelle forutsetninger, og det skal om mulig innhentes tidligere informasjon om pasienten med tanke på å unngå unødvendig strålebruk. En bestråling kan være berettiget i et enkelt tilfelle, selv om den ikke er generelt berettiget.

§ 30. Optimalisering

Virksomheten skal kontinuerlig se til at medisinsk strålebruk er optimalisert. I optimaliseringen inngår valg av metode, apparatur og utstyr, vurdering av diagnostisk informasjon eller behandlingseffekt, praktisk gjennomførbarhet av undersøkelse eller behandling, samt vurdering av arbeidsteknikk og stråledose til pasient.

Ved hver virksomhet skal det etableres protokoller knyttet til de vanligste medisinske metodene som er aktuelle. Protokollene skal gi informasjon om prosedyrer og innstillinger av apparatur for gjennomføring av undersøkelser og behandling. Disse prosedyrer skal jevnlig revideres.

33. Krav til kompetanse og opplæring

I virksomheter som benytter stråling til følgende spesifiserte formål, skal det inngå personell med følgende kompetanse:

- a) Ved bruk av røntgendiagnostikk som er underlagt godkjenningsplikt etter § 5, lege med spesialistkompetanse i medisinsk radiologi eller tannlege med spesialistkompetanse i kjeve- og ansiktsradiologi.
- b) Ved annen røntgendiagnostikk, lege eller tannlege med opplæring i strålevern knyttet til gjeldende apparatur.²³

Når uhellet er ute

Som operatør av et røntgenapparat skal en være klar over at utstyret ikke alltid fungerer som det skal. Et ikke fungerende apparat kan ikke avgi røntgenstråling i det hele tatt, avgi stråling når det ikke skal, eller avgi mer stråling enn ønsket. De tilfellene hvor apparatet avgir for mye stråling dreier det seg gjerne om en overledning og at apparatet ikke skrur seg av, men forsetter å avgi små mengder stråling. Apparater som ikke slutter å generere stråling når de skal har vært rapportert tidligere, og en kan ikke utelukke at det vil skje igjen. En vil da kunne kjenne at apparatet blir varmt, og i enkelte tilfeller kan det lekke olje fra det. En har som operatør et ansvar for å rapportere mistenkte radiologiske uhell til statens strålevern og arbeidstilsynet.²⁴

Det finnes ingen logg tilgjengelig hvor inntrufne ulykker er bokført. Vi har imidlertid tilegnet oss informasjon ved å kontakte fagpersoner via nettforum etter anbefaling fra Ann Wenzel, professor ved Universitet i Aarhus, og forfatter av læreboken ”stråledoser, stråleskader, strålehygiene”. Da hun ikke hadde informasjon vedrørende ulykker og uhell i relasjon til røntgenapparat, henviste hun oss til professor Keith Horner, ved University of Manchester. Han satte oss videre i kontakt med sine kolleger og spesielt interesserte via nevnte nettforum. Slik har vi fått tilsendt mail fra flere personer fra både Europa og USA.

Via førstehandsberetning fra professor Allan G. Farman, Kentucky, har vi fått rede på en del tilfeller fra USA. Det nevnes tilfeller fra universitetet hvor han er ansatt der personer uten tilstrekkelig kompetanse har utført røntgenopptak. Slik har personer blitt bestrålt, uten at bilder har blitt tatt. Professor Farman ble ikke oppmerksom på malpraksisen før en røntgenlege tilfeldigvis var pasient, og slik gav professoren beskjed. Farman sitter i ekspertpanel og blir bedt om å uttale seg i rettssaker relatert til røntgen. Han forteller at de fleste sakene dreier seg om feildiagnostisering etter opptak, og ikke uvetting bruk av selve røntgenapparatet.

Fra Irland har vi fått informasjon om et interessant tilfelle via oral kirurg Andrew Bolas. Han la ved en artikkel omhandlende en ulykke fra Irland tilbake i april 1985, ”*Analysis of a radiation incident with intraoral dental radiological equipment*”. Her avga et nylig installert røntgenapparat stråling i omkring halvannen time før tannlegen ble oppmerksom på en

summende lyd fra apparatet. Han merket samtidig at røntgenapparatet var varmt. Både tannlegen og sekretæren hadde befunnet seg enten i, eller i nærhet av strålingen. Apparatet ble så slått av og det man trodde var tilstrekkelige tiltak for å reparere apparatet ble iverksatt. Da så tannlegen neste uke antok at apparatet var fikset, eksploderte det og behandlingsrommet ble dekket av kjøleolje. I løpet av de neste 3-5 ukene opplevde tannlege og sekretær en rekke ulike symptomer som kvalme, oppkast og magesmerter. Senere oppdaget de også lokaliserte symptomer i skulder, hånd, munn og øye. En kom frem til at tannlegen hadde beveget seg inn og ut av et konstant strålefelt over en periode på en og en halv time og mottatt en effektiv stråledose på omtrent 0,125 Sv. Medisinske undersøkelser kunne senere påvise flere hudlesjoner på tannlegens skulder, samt lesjoner i munnen og på høyre hånd og en temporær opasitet av høyre øye. En konkluderte med at hudlesjonene på skulderen og ryggen sannsynligvis kom av bestrålingen. Større usikkerhet knyttet seg til opphavet av munn og hånd lesjonene, men en kunne ikke utelukke bestrålingen. En lignende konklusjon ble trukket i forbindelse med den temporære opasiteten av øyet, selv om det her var vanskelig å komme opp med differensial diagnoser til stråling. Oppkastene og magesmertene ble begrunnet med stress og engstelse i forbindelse med hendelsen, og 5 år etter persisterte disse problemene. En granskning av apparatet ble foretatt, og dette tilfredstilte alle krav, så feilkilden fantes i selve monteringen og oppsettingen av maskinen i klinikken.²⁵

Videre forteller Professor Keith Horner om en ulykke hvor en tannlege selv hadde drevet service på apparatet. Det avga stråling til det brant opp. Uvisst når og hvor.²⁶

Et uhell i Bergen har vi også lyktes å skaffe informasjon om. Professor Inge Fristad forteller om et uhell som inntraff da han jobbet offentlig i Hordaland Fylkeskommune sent på 1980-tallet. Etter behandling av en pasient merket han at røntgenapparatet laget en unormal summelyd. Ved undersøkelse oppdaget han at apparatet var varmt, og da ble apparatets strømforsyning trukket ut. Det viste seg at det var apparatets tidsur som hadde hengt seg opp og derfor pågikk bestrålingen utover vanlig eksponeringstid. Fristad forteller videre at apparatet var gammelt. Statens Strålevern ble så kontaktet, og de vedtok at hendelsen ikke var alvorlig nok til at det skulle iverksettes en granskning.

I Sverige ble det forsøkt å rekonstruere strålingsuhell etter 1965 og ti år frem i tid.

Konklusjonen var at det ikke var påført personell eller pasienter doser større enn 30 rad mot brystregion, eller 10 rad mot gonader.²⁷

Manglende loggføring av uhell og manglende publikasjoner tyder på at problemet med aksidentell bestråling er- eller i alle fall blir oppfattet som- beskjedent. Uhell med skade på personell, eventuelt pasient, kan imidlertid forekomme.

Hvor stor er risikoen?

Vi vet i dag at stråling har potensielt skadelige effekter. Kan vi da tenke oss til at de rutinemessige røntgenundersøkelsene som foretas på tannklinikker gjør noen skade? En rekke studier er blitt utført på overlevende og eksponerte individer etter Hiroshima/ Nagasaki og prøvesprengninger. Ulike studier har da presentert ulike grafer som forteller sannsynligheten for at et individ utvikler terminalcancer ved en gitt eksponering. De lave stråledosene ved dental røntgen gjør at en må ekstrapolere, gjerne ved en rett linje fra en observert verdi til origo. En mulighet for overestimering av risiko er definitivt til stede.

Disse tallene varierer, men vi tar utgangspunkt i et par av disse for å se på de teoretiske farene ved røntgenundersøkelser.

X- ray examination	Estimated risk of fatal cancer
Dental intraoral (2x)	1 in 2 000 000
Dental panoramic tomography	1 in 2 000 000
Skull (PA)	1 in 670 000
Skull (Lat)	1 in 2 000 000
Chest (PA)	1 in 1 000 000
Lumbar spine (AP)	1 in 29 000
Barium swallow	1 in 13 000
Barium enema	1 in 3 000
CT chest	1 in 2 500
CT head	1 in 10 000

Essentials of Dental Radiography and Radiology. Eric Whites. 2007. Elsevier. s. 32 (hentet fra Guidelines on patient dose to promote the optimisation of protection for diagnostic medical exposures, NRPB 1999)

28

Ikke alle læreverk har utregnede sannsynligheter. Benytter en seg av Wenzel og Sewerin sin bok opplyses det om en gjennomsnittlig effektiv dose på 4 µSv per bilde ved bruk av D-film. Dagens E-film trenger omtrent halv eksponering altså 2 µSv per bilde og tilsvarende gjelder

for digitale sensorer. Risikoen for å utvikle terminalcancer er i følge ICRP $5 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$.⁵ Tenker en seg da at det tas to røntgenbilder pr person og Norge har en befolkning på ca 5 millioner vil da

$(5 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}) \times 2 \text{ bilder} \times 2 \mu\text{Sv} \times 5\,000\,000 \text{ personer} = 1 \text{ person.}$

Skal en tro utregningene vil 0-2 personer utvikle dødelig kreft hvert år som følge av røntgenundersøkelser hos tannlege.

Artikler

Ioniserende stråling kan doseavhengig forårsake vevsskade, og gir økt sannsynlighet for kreft. Ved store doser kjenner man med større sikkerhet de skadelige effektene, mens ved lavere er kunnskapen mer mangelfull. For å belyse mulige skadevirkninger av lavdosestråling har vi tatt for oss to nyere artikler.

”Dental X-rays and the Risk of Intracranial Meningioma”

Den første artikkelen vi har valgt omhandler faren for å utvikle intrakranielt meningiom ved bruk av dental røntgen, og det menes da OPG, bitewings, fullstatus, cephalometriske røntgenbilder. (*Dental X-rays and the Risk of Intracranial Meningioma* publisert i *Cancer* i mars 2004.)

Utgangspunktet er en populasjonsbasert case-control studie utført i deler av Washington state. Diagnosene ble bekreftet histologisk mellom januar 1995 og juni 1998, og alle pasientene var da i live. Case gruppen bestod av 200 pasienter, alle over 18 år og diagnostisert med intrakranielt meningiom. Kontrollgruppen inneholdt 400 pasienter.

For å innhente informasjon vedrørende pasientenes tidligere røntgeneksponering ble personene intervjuet. For å unngå feilinformasjon ble de data uthentet fra deltakerne i undersøkelsen dobbeltsjekket. Det vil si at alle oppgitte besøk hos navngitte tannleger ble dobbeltsjekket på den måten at tannlegens navn, adresse, virksomhet etc ble undersøkt, for så å sannsynliggjøre at besøkene med behandling faktisk hadde funnet sted. Supplerende journalutskrifter ble uthentet fra 72 av personene fra casegruppen, og 75 fra kontrollgruppen. Ved å sammenligne journaler med intervjuene i periodene 0-10 og 10-19 år før

referansedato, fant en at deltakerens svar samsvarte relativt bra med journalene hva bitewings og OPG angikk, mens det forelå en tydelig overrapportering av antall utførte fullstatuser. I perioden 0-10 år lå denne på 227% for casepasientene, mens kontrollgruppen viste 129%. I perioden 10-19 år underrapporterte casepasientene noe, (92%), mens kontrollgruppen viste en liten overrapportering (125%). De valgte å bruke tallene fra >10 år etter referansedato da disse samsvarte best journalene, samtidig som studier av atombombeoverlevende og pasienter strålebehandlet for tinea capitis indikerer en viss latenstid sykdommen eventuelt inntreffer.

For deltakerne som ikke husket deler av røntgenologiske historie, benyttet forfatterne multiple imputation for å fylle hullene. Av de totalt 600 intervjuede deltakerne manglet informasjon om deler av den røntgenologiske historien vedrørende bitewings hos 16%, hos 2% vedrørende fullstatuser, hos 1% vedrørende OPG, mens av cephalometriske opptak manglet mindre enn 1% av deltakerne informasjon. Videre viste det seg at andelen casepasienter som ikke husket tilstrekkelig var større enn i kontrollgruppen.

Resultatene viste at deltakere med seks eller flere utførte fullstatuser, utført i perioden 15-40 år siden, hadde dobbelt så stor risiko for meningiom sammenlignet med deltakere uten. En kunne derimot ikke påvise en dose-respons relasjon. Funnene viste heller ingen økt risiko for intrakranielt meningiom relatert til bitewings, cephalometriske opptak eller OPG. Videre fant de at risikoen var større hos kvinner enn hos menn.

Diskusjon

Konklusjonen i seg selv forteller kun hva de har funnet og trenger ikke nødvendigvis diskuteres, men metodene og tolkningene av funnene har flere styrker og svakheter og bør fokuseres på.

Artikkelen har brukt totalt 600 deltakere, hvorav 200 hadde blitt diagnostisert med intrakranielt meningiom via histologisk bestemmelse. Det at diagnosene er bekreftet via histologiske snitt er en styrke, da det ikke er noe tvil om diagnosen er riktig. De kunne ideelt sett hatt flere kontrollpasienter og fått et bredere sammenligningsgrunnlag, men valgte å ha 2 kontrollpersoner per case-pasient. Journalutskriftene innhentet fra pasientene og deltakerne innebar totalt 147 personer, hvorav 72 var fra casegruppen. Det betyr at informasjonen fra hele 128 casepasienter vedrørende deres røntgenerfaring kun støttet seg på en muntlig overlevering av momenter pasientene selv husket. Det samme gjelder kontrollgruppen, hvor

en heller ikke her med 100 % sikkerhet kan fastslå akkurat hvor stor bestråling pasientene faktisk har vært utsatt for. Erfaringsmessig vet pasientene svært lite om hva som faktisk foregår hos tannlegen, og at de nøyaktig skulle erindre hvilken type og hvilke mengder av røntgenbilder som er tatt virker tvilsomt. Det er også forklart i artikkelen hvordan en ved sammenligning av journaler med intervjuer fant over- og underrapporteringer i de ulike gruppene i forhold til de bestemte opptak og mengder. Det at forfatterne er klare over den eventuelle feilkilden, gjør imidlertid ikke tallene mer korrekte.

Informasjonen fra delen av deltakerne som har vært kontrollert og sjekket i forhold til journaler vil i utgangspunktet være mest pålitelig. Forfatterne har gått tilbake og dobbelsjekket om de tannlegene på de bestemte adressene faktisk stemmer overens med virkeligheten, noe som er med å styrke troverdigheten på den informasjonen pasientene og deltakerne gir.

Selv om journaler antakelig er den sikreste informasjonskilden en har i forhold til tidligere utførte røntgenbilder, vil sannsynligvis disse også ha diverse svakheter og huller. Man vil nesten anta at jo lengre tilbake i tid en går, jo mer unøyaktig og manglende er gjennomsnittsjournalen da tid og erfaring har lært helseindustrien viktigheten av en grundig og utfyllende journal. Forfatterne virker å anta at røntgenrutinene til enhver operatør er tilfredsstillende, men her vil det være usikkerhetsmomenter i forhold til blenderstørrelse, stråledose, stråleretning og antall forsøk operatøren bruker for å ta adekvate bilder. Eventuelle doble-, triple og firedobbelte opptak vil tvilsomt være journalført. Dette tar artikkelen lite eller ingen hensyn til. Stråledose per enkelt bilde har gått ned mer årenes løp, og kan i teorien da tenke seg til at risikoen for meningiomer vil avta samsvarende med doser.

Hos deltakerne hvor det var manglet informasjon i forhold til stråledoser, ble disse hullene forsøkt tettet ved hjelp av statistisk metode: multiple imputation. Uansett vil en slik modell aldri klare å skape et 100 % reelt bilde av virkeligheten. Det vil imidlertid ikke være sikkert at metoden med journaler og intervjuer gir korrekte resultater, slik at denne statistiske tilnærmingen til den fasiten man søker i teorien kan være mer korrekt. Samtidig er det mer sannsynlig at førstnevnte metode gir sikrere resultater i de fleste tilfeller.

En skal også legge merke til manglende korrelasjon mellom dose og effekt på fullstatusopptak, hvor 1-5 opptak gir en OR på 0,88 for meningiom. Kan det da tenkes at en har støtt på en grenseverdi for røntgeneksponering? Og vil da denne verdien være av relevans

for den moderne bruker av dental røntgen med tanke på reduksjonen i stråledose siden undersøkelsens eksponeringer?

Antar en at resultatene stemmer og risikoen for å utvikle meningiom øker med antallet fullstatus undersøkelser, kan en da benytte dataene til å si noe om strålingsfarene ved bruk av moderne røntgenologisk utstyr i Norge i dag? Noen viktige punkter å huske på angående røntgenundersøkelser foretatt i USA for 40 år siden er størrelse på strålefeltet, antall bilder pr helstatus, filmtype og teknikk. Dagens digitale opptaksteknikker er langt mer sensitive og krever en god del mindre eksponering enn eldre analoge røntgen filmer. En typisk norsk helstatus vil bestå av 14 bilder, mens en i USA og artikkelen har benyttet seg av statuser på hele 21 bilder. Strålefeltet er også blitt mindre ettersom fokuset på strålehygiene er blitt større. Vi benytter oss i dag av andre opptaksteknikker enn tidligere i form av ulike holdere i motsetning til eldre halveringsteknikker. Spesielt de to siste punktene reduserer den direkte bestrålingen av meningen, og en trenger bare se på et bilde med blenderkutt for å innse doseforskjellen mellom direkte- og indirekte bestråling.²⁴

Vi har ikke funnet noen "Letters to the editor" eller annet med kliniske kommentarer. Dette tyder på at konklusjonene er akseptert med den usikkerhet vi har gjort rede for.

"Antepartum Dental Radiography and Infant Low Birth Weight"

Artikler av nyere dato om farene knyttet til bruken av dentale røntgenapparat har vist seg vanskelig å oppdrive, men Hujoel et al sin artikkel "Antepartum Dental Radiography and Infant Low Birth Weight" er én. Det er i dag uvisst i hvilken grad stråling påvirker organ som bestemmer vår evne til å reprodusere direkte, eller indirekte via thyroidea. Dentale røntgenbilder kan muligens påvirke minst tre organer i hode-hals region som har innvirkning på graviditetsutfall- hypothalamus, glandula thyroidea og hypofysen. Konklusjonen på denne artikkelen er at lavdosestråling mot hode-hals region under graviditet kan assosieres med lavvektsfødsler.

Målet med studien var å se om det er en sammenheng mellom prenatale dentale røntgen og antall barn med lav fødselsvekt, og metoden brukt var en populasjonsbasert kasus-kontroll studie foretatt i Washington State. Det ble uthentet personalia på alle kvinnelige pasienter i aldersgruppen 12-45 år fra et not-for-profit forsikringsselskap. Felles for disse pasientene var at de alle hadde mottatt tannbehandling i perioden mellom 1/1-1993 og 31/12-2000. Ved å

sammenligne denne informasjonen med tilgjengelige fødselsattester skaffet de seg en oversikt over hvilke kvinner som hadde mottatt røntgenstråling under svangerskapet. Case-gruppen bestod av 1117 kvinner, hvor fellesnevneren var at alle graviditeter resulterte i barn med lav fødselsvekt. For kontrollgruppen ble det plukket ut fire tilfeldige fødsler med normalveidende barn (2500g – 5414g) per graviditet resulterende i lav fødselsvekt. Totalt bestod hele undersøkelsen av 5719 deltakere, det inkluderer både case- og kontrollgruppen.

Lav fødselsvekt (LBW) ble definert som <2500g. Denne gruppen ble delt inn i 3 undergrupper:

- svært lav fødselsvekt (VLBW) 1500g.
- pretermin lav fødselsvekt (PLBW) 1501g – 2499g, < 37 uker svangerskap.
- termin lav fødselsvekt (TLBW) 1501g – 2499g, 37 uker svangerskap.

Mellom 1993 og 2000 ble det født 1117 barn med vekt definert som lav, av kvinner med forsikring i WDS (Washington Dental Service). Fordelingen viste 193 barn i gruppen VLBW-gruppen, 572 i PLBW-gruppen, 336 i TLBW-gruppen. Sammenlignet med kvinner som fødte barn med lav fødselsvekt i hele Washington State, var disse kvinnene med privat dental forsikring i gjennomsnitt eldre, hadde mer utdannelse, røyket mindre, og hadde en større andel hvite.

Resultatene fra denne studien viser at en justert Odds Ratio for lav fødselsvekt er på 2,27 hos mødre som har mottatt røntgendoser på over 0,4 mGy mot thyroidea i løpet av svangerskapet sammenlignet med kvinner uten kjent dental røntgen historie. Studien viser også at stråledoser over 0,4 mGy mot thyroidea gir en justert OR for termin lav fødselsvekt på 3,61. Blant kvinner med privat dental forsikring, var en noe lavere andel (0,7%) med lav fødselsvekt, sammenlignet med kvinner i hele Washington State. Videre var flere fra gruppen med barn tilhørende Low birth weight-gruppen utsatt for dental røntgen eksponering enn gruppen med barn tilhørende Normal birth weight-gruppen. Her hadde 1,9 % av kvinnene blitt utsatt for mer enn 0,4 mGy stråling, mot 1,0 % av kvinnene med barn født med normal fødselsvekt.

Diskusjon

Forfatterne beretter at av alle gravide har omkring 10 % av dem vært utsatt for bestråling ved dentale røntgenopptak. Videre at dette kan være vanskelig å estimere, da kvinner ikke nødvendigvis trenger å være klar over en eventuell graviditet selv. Utvalget er også hentet fra et øvre sosialt lag da alle deltakerne har privat tannhelseforsikring, og slik ikke fører til et representativt utvalg fra hele befolkningen.

Forfatterne selv skriver om svakheter i oppgaven hvor det ikke er medregnet bakgrunnstråling og hvilken faktor dette kan spille inn.

I studien ble det satt opp en tabell med informasjon om mødrene fra studien. Denne inneholder alder, rase, utdanning, diabetes, røyking og mer. I kasus-gruppen var det flere mødre med selvrapporterte røykevaner, alkoholinntak, diabetes, preeclampsia (hypertensjon under graviditet) og kronisk hypertensjon. Andelen ugifte var også høyere samt at utdanningsnivået var lavere. Disse verdiene er i følge forfatterne justert for ved utregningen av de presenterte resultatene. Mindre klart er det imidlertid hvorvidt en har tatt høyde for forskjellene i aldersfordeling mellom kasus og kontroll-gruppen. Hos både kasus og kontroll er aldersgruppen 30-34 år den største og noenlunde samsvarende, men i kasusgruppen er det en høyere prosentandel mødre i aldersgruppene 40 og <20. Alene er det lite trolig denne forskjellen i aldersfordeling kan svekke konklusjonene, men det kunne vært interessant å se de andre confounding factors satt i sammenheng med alder.

Et stort spørsmål vi stiller oss ved studien er om stråledoser på 0,4 mGy er i stand til å gi noen nevneverdig biologisk effekt? Gjennomsnittlig dose av naturlig bakgrunnstråling i verden er på 2,4 mSv per år.²⁹ I deler av verden vil en da ha betydelig høyere verdier av bakgrunnstråling. Videre tilsier erfaring fra helsepersonell at på spørsmål om vedrørende livsstil, vil pasientene ha en tendens til å underrapportere. Det gjelder spesielt i forhold til røyk- og alkoholvaner. Disse hver for seg, og spesielt i kombinasjon, vil absolutt kunne innvirke på et foster og videre graviditetsforløpet. Forfatterne selv mener denne feilkilden reduseres ved at utvalget er hentet fra et øvre sosialt sjikt, og slik vil røykeprevalensen være lavere enn et nedre sosialt sjikt. Uansett synes det tvilsomt at dette er tilstrekkelig eliminasjon av feilkilde.

Denne artikkelen har ført flere uttalelser fra personer i fagmiljøet, og dermed resultert i flere såkalte "letters to the editor". Etter gjennomgang av disse er ulike syn presentert. Et eksempel er at røntgenfilmene kan ha vært kontaminert av bly, og at dette blyet videre kan ha ført til vekst retardasjon. Et annet er at av så mange statistiske tester som var utført i forbindelse med forsøket, så ville en av disse kunne være positiv ved en ren tilfeldighet.

Da dårlig munnhygiene kan stå i sammenheng andre forhold som kan påvirke fødselsvekten. Et annet av synspunktene påpeker da at det ikke var tatt i betraktning graden av dental karies eller andre oralpatologiske forhold hos de undersøkte, noe som igjen kan tenkes å påvirke

fødselsvekten. Slik at det ikke var røntgenbildene i seg selv som eventuelt gav en lav fødselsvekt, men heller tannrelatert sykdom.

Forfatterne av artikkelen har ikke referert til noen av de flere hundre dyreforsøkene³⁰ som har vært gjort med stråling under svangerskap, noe som påstås å være en stor svakhet. I tillegg påpekes det fra samme innsender av et "letter to the editor" at problem i forhold til fødselsdefekter, vekst retardasjon og prematur fødsel kan være familiært betinget. Da er det uheldig at ikke de enkelte tilfellene er grundig gransket av forfatterne. Som avsluttende argument vises det til lærebøker i endokrinologi og barnemedisin, som alle forteller veksthormon ikke gjør sin virkning gjeldende før måneder etter fødsel. Og videre at så lenge barnets thyroidea er intakt, så vil ikke morens eventuelle mangelfulle thyroideafunksjon være av betydning, med mindre moren er svært hypothyroid.³⁰

Flere stiller seg også uforstående til forfatterens påstand om liten rapportert bruk av blykrage ved intraorale bilder i tannlegepraksiser. Forfatterne påpeker at blykragene er lite effektive som beskyttelse av thyroidea ved røntgenundersøkelser.³¹ De mange "Letters to the editor" må oppfattes som at artikkelens konklusjon ikke anses som holdbar.

Oppsummering

Med bakgrunn i litteraturen vi har vært gjennom, samt korrespondanse med sentrale personer i fagmiljøet, er det mulig å trekke en del konklusjoner. Bruk av dental røntgen har minimal helseskadelig virkning når gjeldende retningslinjer og anbefalinger følges. Men det bør absolutt utvises forsiktighet ved bruk, og man skal være klar over at apparatet har potensielt skadelige virkninger. Ulike kilder bruker forskjellige tall på hvor skadelig dentale røntgenbilder er, men tar en utgangspunkt i de tallene vi har benyttet oss av sier faktisk at to personer verste fall utvikler cancer med dødelig utfall årlig i Norge som følge av dentale røntgenbilder. Det er tall som absolutt bør tas på alvor.

I dag vet vi mer naturligvis mer enn tidligere, men utviklingen har ikke vært like voldsom som gjerne andre deler av samfunnet har opplevd, for eksempel IT. De samme prinsippene for apparatets virkemåte gjelder som i starten, men vi er i dag mer oppmerksom og besitter mer kunnskap til hvordan begrense stråledosene og hvilke forhåndsregler som bør tas. Vi har gjennom årenes løp opplevd ulike former for bestråling av mennesker som nevnt i oppgaven, og vi har på den måten tilegnet oss kunnskap i forhold til hva som skjer når uhellet først er ute, og hva som kan gjøres for å minimalisere skadene.

Artiklene vi har tatt for oss er begge to interessante fordi de er relativt nye, og begge kommer med oppsiktsvekkende resultater. *Dental X-rays and the Risk of Intracranial Meningioma* synes å gi et korrekt bilde av virkeligheten, men da dataene er såpass gamle, er det lite trolig at det er samme konklusjonen som kan trekkes i fremtiden, hvor nå metodene rundt røntgenapparater er bedre og dosene langt lavere enn for 30-50 år siden.

Hvor mye hold det er i ”*Antepartum Dental Radiography and Infant Low Birth Weight*” kan diskuteres, og dette er tydelig i de mange ”Letters to the editor”. Hvis konklusjonen faktisk stemmer; at dentale røntgenbilder under graviditet øker sjansen for å få barn med lav fødselsvekt, er dette svært alvorlig. Mange i fagmiljøet stiller seg kritisk til konklusjonen, og anser denne som lite sannsynlig.

Abstract

Based on the literature we have surveyed, and correspondence with key individuals in the scientific community, it is possible to draw some conclusions. Use of dental X-rays have minimal harmful effect when the current guidelines and recommendations are followed. One should, however take the necessary precautions when utilizing this kind of equipment, and one should be aware that the device has potentially harmful effects. Different sources use different figures on how harmful dental X-rays may be. The numbers we have used indicate that in a worst case scenario, two persons will die in Norway every year from lethal cancer caused by dental X-rays . These are numbers that definitely should be taken seriously.

Today we do know more than earlier about possible side effects from the use of dental X-ray. But the development has not been as drastic as in other parts of society, for example IT. The X-ray machine functions by the same principles as it did from the 1920's but we are more aware and possess more knowledge of how to limit the radiation doses and the precautions that should be taken. We have over the years experienced various forms of irradiation of people, as presented in this article, and thus acquired some understanding of potential harmful effects and how to minimize these. Both articles we have analysed are both interesting because they are relatively new, and both present remarkable results. *Dental X-rays and the Risk of Intracranial Meningioma* seems to give a correct picture of reality, but the data used by the authors is far from up to date, and it is therefore unlikely that the same conclusion can be drawn in the future. Today we have other routines in order to minimize the radiation doses. The validity of the conclusions from *Antepartum Dental Radiography and Infant Low Birth Weight* can be discussed. This is evident when one takes a look at the many "Letters to the editor". If the writers' conclusion in fact is correct and dental X-rays during pregnancy increases the chance of having children with low birth weight, that is something to be taken seriously. However many individuals in the scientific community with us, consider this conclusion unlikely.

Referanselitteratur

- ¹ Dybing T. Lærebok i røntgenografi for tannlæger. 1927. Steenske forlag. Oslo. s. 7
- ² White S C, Pharoah M J. Oral Radiology. 2004. Mosby. St. Louis. s. 4, 51, 549.
- ³ American newspaper repository. Edison fears the hidden perils of the x-rays.
http://home.gwi.net/~dnb/read/edison/edison_xrays.htm (lest 09.10.09)
- ⁴ Nobel Lectures. Physiology or Medicine 1942-1962.
http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1946/index.html (lest 09.10.09)
- ⁵ Wenzel A, Sewerin I. Stråledoser, Stråleskader, Strålehygiejne. 2005. Munksgaard. København. s. 11-139.
- ⁶ Statens strålevern. <http://www.nrpa.no/index.asp?strUrl=1001743i&topExpand=&subExpand=> (lest 12.10.09)
- ⁷ Dybing T. Lærebok i røntgenografi for tannlæger. 1927. Steenske forlag. Oslo. s. 30, 168-169.
- ⁸ Halse A. Modifisert versjon fra forelesningsnotater. 2008
- ⁹ Statens strålevern.
<http://www.nrpa.no/index.asp?startID=&topExpand=&subExpand=&strUrl=/applications/system/publish/view/showobject.asp?infoobjectid=1000154&menuid=1000101> (lest 12.10.09)
- ¹⁰ International Atomic Energy Agency www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/...1/Day_1-1.pps (lest 12.10.09)
- ¹¹ International Atomic Energy Agency <http://www.iaea.org/Publications/Factsheets/English/ines.pdf> (lest 12.10.09)
- ¹² Miljø status Norge. Tsjernobyl-ulykken. <http://www.miljostatus.no/Tema/Radioaktiv-forurensning/Tsjernobyl-ulykken/> (lest 12.10.09)
- ¹³ Statens strålevern. <http://www.nrpa.no/index.asp?strurl=1001458i&topExpand=&subExpand=> (lest 26.10.09)
- ¹⁴ NRK. Tsjernobyl har kostet Norge 650 millioner. <http://www.nrk.no/nyheter/1.6779415> (lest 26.10.09)
- ¹⁵ Store Norske Leksikon. Nagasaki. Hiroshima. <http://www.snl.no/Nagasaki>, <http://www.snl.no/Hiroshima> (lest 26.10.09)
- ¹⁶ Reitan J B, Brinch L, Beiske K. Multi-organ failure aspects of a fatal radiation accident in Norway in 1982. Brit J of Radiol Supplement 2005;27:36-40
- ¹⁷ Statens Strålevern.
<http://www.nrpa.no/index.asp?startID=&topExpand=&subExpand=&strUrl=/applications/system/publish/view/showobject.asp?infoobjectid=1000149&menuid=1000096> (lest 02.11.09)
- ¹⁸ Worlds Health Organization. Radon and cancer. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/en/> (lest 02.11.09)
- ¹⁹ Statens Strålevern
<http://www.nrpa.no/index.asp?strurl=/applications/system/publish/view/showObject.asp?infoobjectid=1000155> (lest 02.11.09)
- ²⁰ Statens strålevern
<http://www.nrpa.no/index.asp?startID=&topExpand=&subExpand=&strUrl=/applications/system/publish/view/showobject.asp?infoobjectid=1001011&menuid=1000448> (lest 02.11.09)
- ²¹ Statens Strålevern.
<http://www.nrpa.no/index.asp?startID=&topExpand=&subExpand=&strUrl=/applications/system/publish/view/showobject.asp?infoobjectid=1000210&menuid=1000143> (lest 02.11.09)
- ²² Statens Strålevern.
<http://www.nrpa.no/index.asp?strurl=/applications/system/publish/view/showObject.asp?infoobjectid=1000549> (lest 02.11.09)
- ²³ Lovdata. Forskrift om strålevern og bruk av stråling. <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20031121-1362.html> (lest 09.11.09)
- ²⁴ Halse A. Universitet i Bergen, Det medisinsk-odontologiske fakultet. Personlig samtale.
- ²⁵ Malone J F, Hone C. Analysis of a radiation incident with intraoral dental radiological equipment. Paper presented 5 December 1994 at the meeting: "Radiation Incidents in Hospitals" organised by the Radiation Protection Committee of the BIR and held at the Royal Institute of British Architects, London.
- ²⁶ Fristad I. Universitetet i Bergen, Det medisinsk-odontologiske fakultet. Personlig samtale
- ²⁷ Bengtsson G, Henrikson C O. Strålninsrisiker vid røntgenundersøkingar hos tandläkare. TandläkT. 1975;67:22
- ²⁸ Whaites E. Essentials of Dental Radiography and Radiology. 2007. Elsevier. s. 32 (hentet fra Guidelines on patient dose to promote the optimisation of protection for diagnostic medical exposures, NRPB 1999)

²⁹ Thorne M. Background radiation: natural and man-made. *J Radiol Prot.* 2003;23:29-42

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12729417>

³⁰ Brent R L, Commentary on JAMA article by Hujoel et al., *Health Phys.* 2005; 88:379-381

³¹ Hujoel P P, Bollen A-M, Noonan C J, del Aguila M A. Antepartum Dental Radiography and Low Birth Weight—Reply. *JAMA.* 2004;292:1020-1021

Vedlegg, diverse korrespondanser

Kære Jonar Storesund og Eirik Aaen.

Jeg har heldigvis ikke kendskab til stråleuheld i Skandinavien i min levetid.

For ikke så mange år siden havde de vist et uheld i England.

I kan spørge prof. Keith Horner om han husker noget om det.

Her er hans mail: keith.horner@manchester.ac.uk

hilsner

Ann

Eirik and Jonar,

There was an incident some time ago where a dental (intraoral) x-ray set was faulty (I think the dentist had done a repair job himself!) and started emitting X-rays when it was plugged into the power socket. It kept on emitting X-rays until it burnt out. The dentist and nurse were exposed to a lot of X-rays (of course!). I am not sure of the exact date or details. I think there was a similar case in Ireland about 15 years ago with a new, but faulty, X-ray machine.

I have two suggestions for you:

1. Try emailing Andrew Gulson (head of radiation protection services at the UK Health Protection Agency). He may have some good information. His email is andrew.gulson@hpa.org.uk

2. I am on a email Newsgroup/ discussion group of dental radiologists (ORADLIST). Mainly American people but quite a lot of Europeans. I could post a message for you, but it is so easy to subscribe yourself. Visit: http://www.iadmfr.org/oradlistimages/oradlist_frames.htm

You will get irrelevant messages as well, but it is worth posting a request for information on radiation incidents. You can end your subscription easily.

If you want me to do it, let me know.

good luck and best wishes,

Keith Horner

Dear colleagues,

I was approached by two master's students from Norway looking for information about any "knowledge of radiation accidents/incidents concerning dental radiology equipment". I gave them what information I had from the UK, but I offered to post a request on here, as I know how helpful you can be.

If you have any stories, especially with citable evidence, of X-ray machines failing to terminate exposures, or similar, could you send them to Eirik Aaen and Jonar Storesund in Bergen, via Eirik's email address (in "cc" box).

many thanks,

Keith

I know of several incidents concerning X-ray systems. I was asked to be an expert witness for a case in Boston where the patient suffered hand injuries from misplacement of the hand during panoramic radiology. In this case the jury found insufficient evidence to make awards against the dentist.

Incident reports internally occurred at my institution after solid state dental x-ray systems were placed in a satellite office for faculty private practice and not all users attended the sessions to be properly trained. The sensors sometimes timed out before the exposures were made resulting in exposed patients but no actual images. This embarrassment was brought to my attention by a Radiation Physicist who happened to be one of the affected patients.

Another incident I know from the top of my head was a workflow issue where a film radiograph used in a hospital dental clinic was somehow returned as unused following exposure on one patient then reused on another. Unfortunately the first patient was HIV positive and the result was the second patient needing to undergo periodic tests for serum conversion that fortunately for the facility concerned did not happen.

Of course most legal issues related to radiographs come from failure to diagnose. Such cases are numerous and I am an expert witness on several cases at this time. Most are settled out of court, but those that do go all the way can cause several years of discomfort to the dentists involved before they are resolved one way or the other.

Best wishes,
AGF

Allan G. Farman, BDS, PhD, MBA, DSc, Diplomate ABOMR

Dear Eirik,

I only remember having heard of one such incident in my entire career and that was as a student when Per-Lennart Westesson during a lecture related to an incident where a dental tube didn't terminate exposure. This was in the early 80's.

Any such incidents in Sweden should have been reported to and archived by the SSM (www.ssm.se)

I suggest you mail Jalil Gogani at SSM (see CC-box above). He might be able to help you out or at least know someone who can.

Good luck

Lennart Flygare

Dear Professor Horner and Dr Aaen,
In Ireland there was one well documented case of accidental over exposure
from a dental intra-oral x-ray set.
I've attached a copy of the article, apologies for the size of the file.
Kind Regards
Andrew Bolas

Dear Eirik,
Unfortunately I am not sure which journal this was published in. The copy I
had recieved was the "scanned" version I sent you and it appears it may
have come from "Radiation Incidents" though I have never come across that
journal.
It might be worth contacting The Radiological Protection Institute of
Ireland (RPII) as both authors worked for them. Their website is
www.rpii.ie.
Sorry I could not be of more help.
Andrew

Andrew Bolas BDS FFDRCSI FDSRCS(Ed) MSc
Oral Surgeon/Deputy Principal Dental Surgeon
HSE West Dental Department
Markievicz House
Sligo

Eirik

The paper was presented on 5 December 1994 at the meeting 'Radiation Incidents in
Hospitals' organised by the Radiation Protection Committee of the BIR and held at the Royal
Institute of British Architects, London. I presume that if there were proceedings of the
meeting the paper would have been included.

Regards

Stephen

Stephen Fennell PhD
Manager
Medical, Dental & Veterinary Section
Regulatory Services Division
Radiological Protection Institute of Ireland
3 Clonskeagh Square
Dublin 14