

Rapport 1994:1

Laserkirurgi –
behov av skyddsåtgärder
för personalen



Arbetskyddsstyrelsen

Laserkirurgi – behov av skyddsåtgärder för personalen

En rapport från Arbetarskyddsstyrelsen
Medicinska enheten
Birgitta Pettersson

FÖRORD

I denna rapport redovisas den kunskapsinventering som utförts vid Arbetarskyddsstyrelsens medicinska enhet (HM) för att utreda risker förknippade med användning av laser inom hälso- och sjukvården. Intresset har fokuserats mot laserrök och eventuella risker genom exponering för virusfragment.

En arbetsgrupp, med deltagare från Arbetarskyddsstyrelsen, Yrkesinspektionen och Arbetsmiljöinstitutet, har deltagit i arbetet.

Birgitta Pettersson, HM, har gjort de toxikologiska bedömningarna och sammanställt rapporten.

Lars Hambræus, konsult i smittskyddsfrågor, tidigare knuten till HM, har bedömt smittriskerna.

Gunvor Pettersson, HM, startade projektet och har bidragit med förslag till åtgärder för ökad säkerhet vid laserarbete.

Birgitta Carlsson och Tommy Sturk, YLF, har bidragit med kunskaper om personlig skyddsutrustning respektive fysikaliska egenskaper hos laserstrålning.

Jan Gunnarsson och Hans Strömberg, YI Göteborg, har genomfört de yrkeshygieniska mätningarna.

Anders Jansson, ITV, har bidragit med synpunkter på ventilationsområdet.

Svensk Förening för Sterilisering och Sjukhushygien uppmärksammade oss på problemen i samband med laseroperationer.

Studiebesök har genomförts på operationsavdelningar vid Regionssjukhuset i Örebro och länslasarettet i Halmstad.

Vi har fått erfara att vårt arbete redan inneburit att effektiva punktutsug installerats vid ett antal operationsavdelningar där laserarbete utförs. Arbetarskyddsstyrelsens laserföreskrifter är under omarbetande, där de funna hälsoriskerna inom sjukvården beaktas. Vi har förhoppningen att rapporten skall stimulera till ytterligare förbättrade säkerhetsrutiner och andra arbetsmiljöförbättrande åtgärder vid laserarbete inom sjukvården.

Vi vill tacka alla de personer som på olika sätt bidragit till innehållet i denna rapport.

Solna i december 1993

Leif Aringer, Enhetschef, Medicinska enheten

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning

1. Bakgrund
2. Lasrar – en teknisk beskrivning
- 2.1 Inledning
- 2.2 Fysikaliska egenskaper
3. Risker vid laseranvändning
- 3.1 Direkta biologiska effekter av laserstrålning
- 3.2 Laserrökens sammansättning och toxiska egenskaper
 - 3.2.1 Partiklar
 - 3.2.2 Kemiska ämnen
 - 3.2.3 Biologiska ämnen
- 3.3 Brandrisk
4. Yrkeshygieniska mätningar
- 4.1 Metod
- 4.2 Resultat
5. Skyddsåtgärder vid laseranvändning
- 5.1 Skydd mot ögonskador
- 5.2 Brandskydd
- 5.3 Rökevakivering
6. Föreskrifter och regler
7. Förslag till åtgärder för ökad säkerhet
- 7.1 Organisation
- 7.2 Utbildning
- 7.3 Säkerhetsföreskrifter

Litteratur

SAMMANFATTNING

LASER är en förkortning av **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation = ljusförstärkning genom stimulerad strålningsemission. Laserstrålningen är en icke-joniserande strålning och omfattar nästan hela det optiska området.

Under de senaste åren har användningen av och tillämpningsområdena för olika typer av laser ökat inom såväl hälso- och sjukvård som tandvård. Utveckling av operationsmetoder har många gånger skett utan att man varit medveten om konsekvenserna för arbetsmiljön.

Vid användning av lasrar som kirurgiskt instrument utnyttjas laserstrålningens egenskap att kunna fokuseras till ett smalt strålknippe samt strålningens effekttäthet. En stor energimängd absorberas snabbt i vävnad som utsätts för laserstrålning från t.ex. en koldioxidlaser. Vävnaden förångas eller förgasas under stark rökutveckling. Röken är tät och illaluktande.

Besvär, i form av huvudvärk, hosta och ögonirritation, hos personal i operationsrum har rapporterats.

Intresset har nu mer fokuserats mot eventuella **smittrisker** i samband med laserkirurgiska ingrepp. Genitala vårtor orsakade av humant papillomavirus (HPV) har ökat i omfattning och en stor del av dessa behandlas med hjälp av koldioxidlaser. Ett ökat antal personer exponeras för laserrök och eventuella risker med luftburen virusmitta (via röken) vållar oro.

Är röken farlig att inandas?

Denna fråga har ställts till oss och för att kunna svara har en kunskapsinventering utförts.

Litteratursökningar har genomförts för att utreda rökens sammansättning och eventuella smittrisker.

Mätningar har utförts med hjälp av Yrkesinspektionen för att bestämma partikelmängd och rökens spridning.

Resultat

I laserröken finns partiklar (cellfragment) och gasformiga kemiska ämnen. Partiklar i laserrök har visats vara mutagena. Partiklarna är av den storleken att de kan deponeras i lungornas alveoler, vilket också har observerats vid försök på råttor.

Vid laboratorieförsök har man påvisat förbrännings- och pyrolysprodukter från biologiskt material såsom bensen, akrolein, polyaromatiska kolväten och formaldehyd. Vid provtagning i operationsrum under operation med koldioxidlaser påvisades etanol, isopropanol och antracen i små mängder.

Man har även påvisat HPV-DNA i laserrök men osäkerhet råder om det är viabelt. Smittrisk kan dock inte uteslutas om det rör sig om en komplett virion.

Rökmängden som bildas beror i hög grad på vilken lasertyp och vilken effekt som används. Även operatörens teknik inverkar på mängden alstrad rök.

Partikelmätningar, som utförts av Yrkesinspektionen i Göteborg vid laseroperation med koldioxidlaser visar, att partikelmängden blir mycket hög i operationsrummet om inte punktutsug är inkopplat. Partiklarna sprids mycket hastigt till alla mätpunkter i rummet.

Jämförelser mellan laserrök och den rök som utvecklas vid diatermi (elektrokoagulering) visar att även diatermirök kan innehålla hälsoskadliga ämnen, och åtgärder bör också vidtas för att eliminera sådan rök.

Konklusion

- Rök, som bildas vid kirurgisk behandling med koldioxidlaser, måste betraktas som hälsoskadlig och risken för smitta kan inte uteslutas.
- Alstrad rök sprids snabbt ut i luften i operationsrummet. För att motverka detta krävs ett väl utformat punktutsug med filter som bytes enligt fastställd rutin. Helst bör någon form av filtervakt finnas, så att tillräcklig filterkapacitet alltid upprätthålls. Filtren bör betraktas som riskavfall och rutin för omhändertagande skall finnas. Om tillräcklig ventilation inte kan ordnas, bör personalen skyddas med adekvat andningsskydd.

1. BAKGRUND

Mot bakgrund av den ökande användningen av och ett växande tillämpningsområde för olika typer av laserutrustning inom hälso- och sjukvård och tandvård, har frågor om arbetsmiljön i samband med laseranvändning blivit aktuella.

Vid användning av medicinsk laser vid sådana ingrepp som medför att vävnad förångas eller förgasas sker detta under kraftig rökutveckling. Röken är mycket illaluktande och skymmer också operationsområdet. Det har rapporterats, att personal under pågående operation fått besvär som t.ex. huvudvärk, hosta och ögonirritationer. Oro har uppstått över att röken också skulle vara farlig att inandas.

Arbetskyddsstyrelsen har på grund av detta genomfört en kunskapsinventering och samlat information dels genom litteraturstudier, studiebesök och personliga kontakter, dels genom partikelmätningar med hjälp av Yrkesinspektionen.

Yrkesinspektionen har också gjort några inspektionsbesök med riktad tillsyn mot laseranvändning inom sjukvården. Vi har tagit del av inspektionsmeddelanden från dessa besök och de finns med som underlag vid utarbetandet av förslag till åtgärder.

2. LASRAR - en teknisk beskrivning

2.1 Inledning

LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) betyder ljusförstärkning genom stimulerad strålningsremission.

Strålningen från lasrar är av samma karaktär som optisk strålning från lampor, men ljuset från en lampa sprids åt olika håll. Från en laser utstrålas hela energin i ett mycket smalt strålknippe i en bestämd riktning och med en bestämd våglängd. Lasrar för kirurgiskt bruk har utvecklats under de senaste 30 åren. Lasertekniken är dock fortfarande en relativt ny specialitet inom kirurgin, men är på väg att bli en väldokumenterad och etablerad medicinsk rutin, som kan tillämpas inom många områden. Det finns ett antal lasrar som används i medicinska tillämpningar. De avger strålning vid olika våglängder och med olika energier. Tre typer av lasrar dominerar; koldioxidlasrar (CO_2) neodymlasrar (Nd:YAG) samt argonlasrar (Ar).

2.2 Fysikaliska egenskaper

Våglängder för lasrar som används inom medicin och kirurgi visas i figur 1.

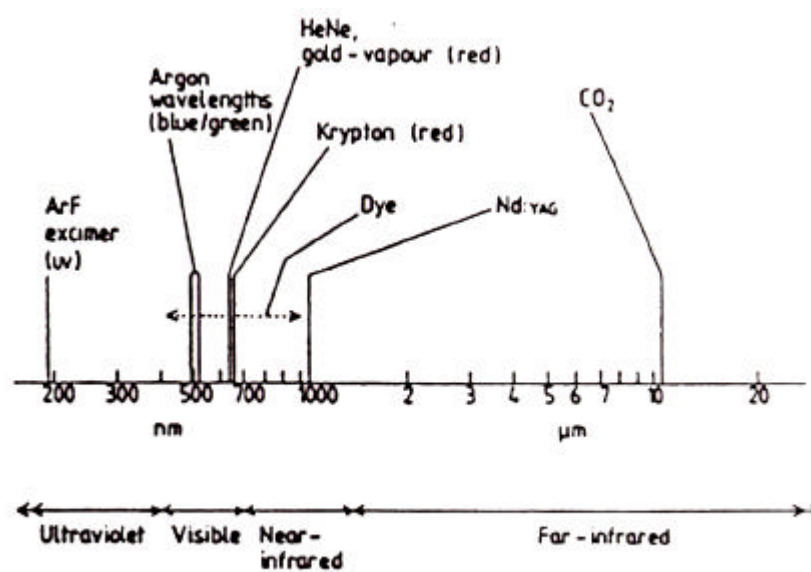


Figure 1. Wavelengths of lasers used in surgery and medicine.

(Källa ref 22)

Koldioxidlaser

Dessa har strålning i det mest långvågiga området 10 600 nm och med effekter mellan 5 och 100 W. De är oftast kontinuerligt strålände (CW), men kan också vara pulsade med hög effekt. Vid den använda våglängden absorberas strålningen av vatten i cellerna, vattnet upphettas och förångas varvid cellerna sprängs. Energin absorberas i de första 150 μm ned i vävnaden. Koldioxidlasrar används främst vid gynekologiska ingrepp men har också vissa tillämpningar inom öron-näsa-hals kirurgi och vid ytliga ingrepp i huden.

Nd:YAG laser

Våglängden ligger nära infrarött vid 1060 nm och strålningen avges oftast i korta pulser (nsek) med toppeffekter i megawatt eller kontinuerligt med 60-100 W effekt. Strålningen absorberas dåligt av vatten och hemoglobin och kan därför tränga djupare ner i vävnad. Lasertypen används inom ögonkirurgin och genom att strålen kan ledas via glasfiberoptik kan denna laser utnyttjas vid behandlingar i kroppens hålrum.

Argonlaser

Strålningen emitteras kontinuerligt främst vid våglängderna 488 nm och 514,5 nm med effekter upp till 5 W. Strålningen absorberas i hemoglobin. Lasertypen används vid ögonbehandling och vid blekning av eldsmärken.

Excimerlaser

Dessa lasrar emitterar pulserande UV-ljus med hög effekt. De kan användas inom kärnkirurgin och vid behandling av närsynthet och astigmatism.

Fler lasertyper finns som t.ex. krypton-, rubin-, guld- och kopparångelasrar med specifika användningsområden. Utveckling pågår också av nya typer av lasrar. Nya tillämpningar av redan välkända lasrar rapporteras kontinuerligt.

3. RISKER VID LASERANVÄNDNING

Användning av laser medför vissa risker både för patient och personal. Dessa risker kan till stor del undanröjas genom att kunskapen om risker och skyddsåtgärder ökas. Ögonskador, brännskador i hud och annan vävnad samt risken för brand är välkända problem. För dessa finns redan i dag särskilda regler.

3.1 Direkta biologiska effekter av laserstrålning

Laserstrålningen har mycket hög effekttäthet jämfört med konventionella ljuskällor eftersom all strålning i regel är fokuserad i ett smalt knippe. En stor energimängd absorberas på kort tid i vävnaden. Risken för skador på hud och ögon är stor, på grund av att de naturliga avvärjningsmekanismerna inte hinner träda in.

Näthinneskador uppkommer av strålning i våglängdsområdet 400-1400 nm. Ljus och kortvågig infrarödstrålning emitterat från lasrar inom detta våglängdsområde (t.ex. från argon och Nd:YAG) fokuseras av ögats optiska system till en punkt på näthinnan. Detta ger en strålning med hög täthet som kan åstadkomma en lokal brännskada. Ärrbildning kan leda till nedsatt synfunktion, i värsta fall blindhet om brännskadan skett i centrala delen av synfältet. Brännskador i näthinnan uppstår inom bråkdelar av sekunder.

Om laserstrålens effekt är hög kan en så stark lokal uppvärmning ske att vattenånga bildas i näthinnan. En mekanisk tryckvåg kan utlösas som sliter loss näthinnan. Detta kan ske inom mikrosekunder.

Fotokemiska skador kan uppstå i näthinnan efter långa exponering med måttlig effekt. Risken är störst vid kortvågigt ljus. Detta tros bero på en överstimulering av de normala fotokemiska reaktionerna. De sunceller som reagerar för blått ljus är känsligast och om dessa blir utslagna förändras färgseendet. Skadorna är oftast reversibla, men kan bli bestående.

Laserstrålning i de ultraviolettera och infraröda våglängdsområdena absorberas i ögats främre delar dvs hornhinnan och lins. Hornhinneskador orsakade av måttliga strålningsdoser i det infraröda området (ex från CO₂ laser) kan läka utan men. Dock kan bestående skador förekomma. Linsgrumling kan bli bestående efter bestrålning i det ultraviolettera området.

Brännskador på hud kan förekomma, om hand eller arm kommer i vägen för strålen. Sådana brännskador kan bli djupa och omfattande.

Klassindelningen av lasrar är baserade på dessa risker. Klassificeringen grundas på energimängden i strålen, där våglängd och impulslängd är viktiga faktorer. För närmare detaljer hänvisas till föreskrifter från Arbetarskyddsstyrelsen (AFS 1981:9) och Statens strålskyddsinstitut (SSI FS 1993:1).

3.2 Laserrökens sammansättning och toxiska egenskaper

Vid förångning av vävnad sker detta så snabbt att celler och cellfragment kan ryckas loss och tillsammans med bildade kemiska ämnen ge en kraftig rök. De kemiska ämnena kan förekomma i gasform eller kondenserade på partiklarna i röken. Rökmängden som bildas beror både på lasertyp, laserns effekt och operatörens teknik vid utförande av ett ingrepp.

För att kunna studera laserrökens sammansättning och toxiska egenskaper har litteraturen inom området granskats inför denna rapport. Sökningar har utförts i databaserna STN-International, NIOSHTEC samt Medline och Toxline.

3.2.1 Partiklar

Stora partiklar följer ej med i röken utan deponeras direkt vid operationsstället, men en stor del av partiklarna är små 0,1-1,1 µm. Partiklar i den storleksordningen kan deponeras i lungornas alveoler (1, 2).

Detta har också visats vid försök på råttor som fått andas in laserrök. Råttorna uppvisade symptom på obstruktiv lungsjukdom, som var relaterad till den inhalerade dosen. Vid histologisk undersökning påvisades deponerade partiklar i lungornas alveoler. Partiklarnas storlek var mellan 0,1 och 0,8 µm (medelvärde 0,32 µm) (3).

Koncentrationen av partiklar i luft är beroende av lasertyp och effekt, typ av operation samt den operationsteknik som använts. Koncentrationer upp till 9,4 mg/m³ har rapporterats. (Hygieniska gränsvärdet för organiskt damm och dimma är 5 mg/m³, AFS 1993:9).

Partiklar i laserrök har vid flera undersökningar konstaterats vara mutagena (4, 5, 6).

3.2.2 Kemiska ämnen

I röken finns kemiska ämnen som bildas som förbrännings- och pyrolysisprodukter från biologiskt material. Vid laboratorieförsök har man funnit små mängder av bensen, polyaromatiska kolväten, akrolein och formaldehyd i rök från koldioxid-laserbehandlad oxlever. Ämnena är analyserade med hjälp av gaskromatografi/-masspektrometri (7).

I en stor undersökning utförd av NIOSH (4) fann man vid provtagning i operationsrummet under pågående operation med koldioxidlaser att det i operatörens andningszon fanns detekterbara mängder av etanol, isopropanol och antracen. Formaldehyd återfanns från spårmängder upp till 0,44 ppm (Hygieniskt gränsvärde för formaldehyd är 0,5 ppm, AFS 1993:9).

Andra mutagena kemiska ämnen, s.k. Maillardprodukter, kan finnas i röken. Sådana kan bildas när biologiskt material upphettas under betingelser liknande dem som uppkommer vid laserbehandling (8, 6). Hypoteser finns också om att röken skulle kunna innehålla proteiner som kan vara allergiframkallande (7).

Vid laboratorieförsök behandlades ren kolesterol med Nd:YAG laser och man fann att det bildades höga halter kemiska ämnen, såsom 0, 54 mg bensen och 0, 25 mg naftalen per gram behandlat kolesterol (9).

3.2.3 Biologiska ämnen

Man kan tänka sig att röken innehåller hela vävnadsceller och cellfragment. Även bakterier, virus och delar av dessa kan tänkas förekomma.

Det råder osäkerhet huruvida röken vid laseringrepp kan innebära en smittrisk.

Animala/humana celler

Det är osannolikt att så stora partiklar som hela celler kan återfinnas i röken, men om de ändå förekommer, kan de antas bli deponerade nära operationsstället och inte transporteras via luften (2).

Vid djurförsök har man emellertid efter behandling med koldioxidlaser av Cloudman Mouse melanomas (10) och hjärntumör hos råttor (11) påvisat tumörceller i röken. Detta tros bero på att kontamination har skett vid provtagningstillfället. Cellerna visade sig dock inte vara viabla.

Cellfragment, som bildats då celler sprängts, kan återfinnas i röken.

Bakterier

Vid laboratorieförsök med olika bakteriestammar (*E.coli* och *S.aureus*) som inokulerats på grishud fann man efter behandling med koldioxidlaser inte några colibakterier i röken (12). På huden däremot återfanns bakterier som överlevt. Levande *S.aureus* minskade i antal, men kunde påvisas både i röken och på huden. Andra laboratorieförsök har visat, att bakterier kan överleva i högre grad vid låg effekt, t.ex. om koldioxidlaserns effekt är lägre än 550 W/cm².

Vid användning av pulsad koldioxidlaser med effekt högre än 997 W/cm^2 överlevde inte några bakterier (13).

Virus

Virus kan variera mycket i storlek. De största är i samma storleksordning som de minsta bakterierna. Vissa mindre virus och delar av virus skulle kunna förekomma i laserrök. För humant papillomavirus (HPV) har minst ett sjuttioal virus typer beskrivits ge förändringar i hud och slemhinnor. HPV-typ 16 och 18 ger cancer i genitalorganen. HPV-typ 6 och 11 ger papillom i luftvägarna.

Virus kan också överleva vissa av de betingelser som uppstår vid användning av koldioxidlaser. Flera försök har gjorts, där man avlägsnat olika typer av papillom med koldioxidlaser (max effekt 1270 W/cm^2) varvid man kunnat isolera infektiöst material i röken. I rök från laserbehandlat bovint papillom återfanns infektiöst papillomavirus. BPV (bovine papillomavirus). Även i ett försök med "human plantar warts" (hand- och fotvårtor, HPV-typ 1) fanns infektiöst material i röken. Båda dessa papillomtyper innehåller en stor mängd viruspartiklar och virus-DNA (14).

Försök att isolera larynxpapillomavirus ur rök har också gjorts. Det visade sig, att vid prov tagna då utsugets spets vidrört papillomets yta, var dessa prov positiva med avseende på intakt virus. Vid rökprover, som tagits med stor försiktighet utan att papillomytan vidrörts, var provet negativt med avseende på intakt virus (15).

Detta visar, att det föreligger risk för att rök och material kan innehålla intakta viruspartiklar på grund av kontaminering.

Det bör också tilläggas att det har publicerats en fallrapport, där hos en läkare, som använt laser vid behandling av anogenitala condylom, diagnostiserats larynxpapillom varvid virus-typ 6 och 11 isolerats. Någon annan smittväg kunde inte fastställas (16). Fyndet av två olika virus typer i samma papillom styrker yrkesexponerad smitta.

Virus-DNA

Virus-DNA har isolerats från röken vid avlägsnandet av fotvårtor med koldioxidlaser (pulsad $500-2000 \text{ W/cm}^2$). Utsuget var placerat cirka 2 cm ovanför operationsstället. Prov togs från röken men också från operatörens nässlemhinna, ögonlock och ytteröra. I rökprovet fann man HPV-DNA-typ 1 och 6. I de övriga proverna kunde man inte finna något virus-DNA (17, 18).

Diskussioner om virus-DNA är smittsamt eller ej pågår. Man har kunnat visa, att det är möjligt att inducera tumörer hos kaniner med virus-DNA från "cottontail rabbit papilloma virus" under experimentella betingelser (19). Andra forskare anser dock att det är mycket svårt att infektera med virus-DNA även under laboratorieförhållanden (15).

Alla de undersökningar som redovisats gäller koldioxidlaser, som dessutom i de flesta fall arbetar vid en bestämd effekt. Miljön omkring en pulsad koldioxidlaser eller andra lasertyper, där rök alstras vid användning, vet man mycket litet om. Hypoteser har ställts upp, att sådana kanske producerar större partiklar, vilket kan medföra en större risk för att viabelt biologiskt material skulle kunna spridas. Större partiklar blir mindre lätt luftburna, men kan ändå bidra till hälsorisen på grund av deponering i munstycken och slangar.

Sammanfattningsvis konstateras, att laserrök måste betraktas som skadlig för hälsan och att röken kan innebära smittrisker för den behandlande läkaren, medverkande assistent/sköterska, och den personal, som sköter apparaturens rengöring och underhåll.

Vissa jämförelser har gjorts mellan laserrök och den rök som utvecklas vid diatermi (elektrokoagulering). Dessa är jämförbara när det gäller sammansättning. Diatermiröken är dock något mer mutagen än laserrök (5, 6). Den har också konstaterats innehålla virus-DNA (14).

Även diatermirök kan således innehålla hälsoskadliga ämnen och man bör vidta åtgärder för att eliminera sådan rök.

3.3 Brandrisk

Brandrisken är stor vid användning av laser. Pappers- och plastmaterial kan lätt antändas av laserstrålen. Det har inträffat att en trachealtub av plast antänts av laserstrålen. En sådan händelse kan mycket snabbt på ett allvarligt förlopp, eftersom förbränningen underhålls av både syrgas och lustgas.

Handskar, slangar och elledningar kan också smälta eller brännas av. Risk för brand föreligger också om brandfarliga vätskor finns i närheten av laserstrålen.

4. YRKESHYGIENISKA MÄTNINGAR

Då röken som bildas vid användning av laser måste anses som hälsoskadlig, skall spridningen begränsas. För att få fram förbättrade kunskaper om rökspridning och rökevakuering vid laseroperationer fick Yrkesinspektionen i Göteborg utföra mätningar under operation på kvinnokliniken, Länssjukhuset i Halmstad.

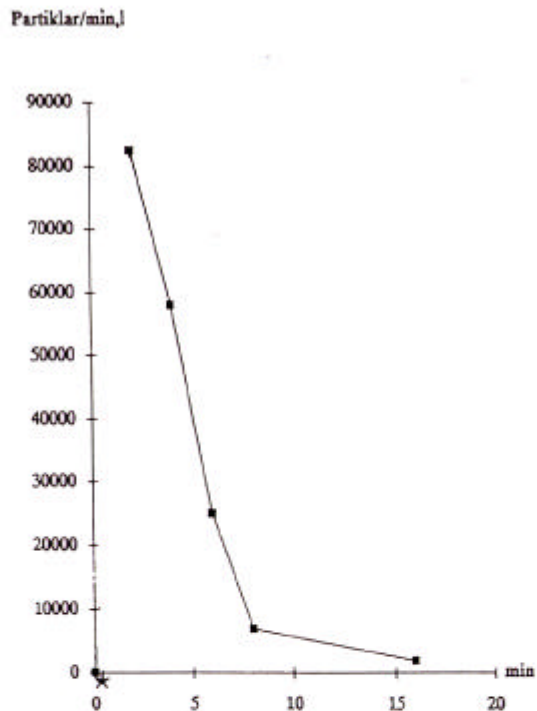
4.1 Metod

Partikelmätningar genomfördes vid olika mätpunkter i rummet, intill operatören, patientens huvud samt vid några punkter ute i rummet.

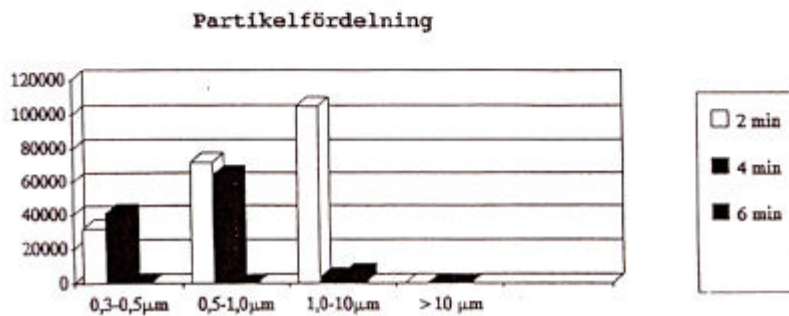
Under operationen användes ett punktutsug försett med specialfilter, som förutom att ta bort den besvärande lukten, även fångade upp partiklar och kemiska ämnen. Den renade luften kunde sedan släppas ut i rummet. Partikelmätningarna utfördes med ROYCO partikelräknare.

4.2 Resultat

Halten partiklar i rummet var låg före operationen. Partikelmängden sjönk ytterligare, då operationen pågick en stund. För att påvisa effekt, stängdes punktutsuget av under endast ett par sekunder. Partikelmängden ökade så drastiskt vid alla mätpunkter att mätningarna inte gick att genomföra. Efter 2 minuter började partikelräknaren registrera värden igen. Partikelhalt och storleksfördelning visas i figuren nedan.



Partikelmätning utförd under operation med koldioxidlaser. Vid * stängdes det specialfilterförsedda punktutsuget av under ett par sekunder



Storleksfördelningen av partiklarna uppmätta efter ett par sekunders avstängning av punktutsug.

5. SKYDDSÅTGÄRDER VID LASERANVÄNDNING

Vid en studie av sjukvårdspersonal i USA under ett års tid återfanns inte några rapporterade skador i samband med laserarbete (20). Vi har genom Informationssystemet om arbetsskador (ISA) vid Arbetarskyddsstyrelsen analyserat anmälda arbetsskador inkomna t.o.m. september 1992. ISA redovisar 4 olyckor och 8 arbetssjukdomar i samband med laserarbete, varav 9 gällde ögonbesvär, 1 brännskada på hud, 1 illamående på grund av lukt och 1 trötthet och yrsel. De två sista kunde ha samband med laserrök. Inga sjukskrivningar har rapporterats.

5.1 Skydd mot ögonskador

Ögonskador är den vanligaste skadan, vilket visar hur viktigt det är att ögonen skyddas på såväl patient som personal. Ögonskydd eller skyddsglasögon med sidoskydd som används skall vara märkta så, att det framgår tydligt vilken lasertyp de är avsedda för så att förväxling inte kan uppstå. De måste också vara utan repor och väl rengjorda (se AFS 1981:9). Det finns nu också en ny Europastandard, EN 207, om laserskyddsglasögon.

Man måste också var uppmärksam på att laserstrålen reflekteras i blanka ytor. Vid vissa våglängdsområden kan reflexer uppstå i ytor som av ögat uppfattas som matta. Laserljus får inte heller av misstag kunna tränga ut genom fönster i vägg eller dörr. Ögonskador (förändrat färgseende som är reversibelt, men kan bli bestående efter långvarig eller kraftig exponering) kan också drabba de läkare som utsätts för reflexer under behandling av patienter med hjälp av mikroskop och kortvågig laser. Det är viktigt att dessa mikroskop är konstruerade så att reflexer inte uppstår i instrumentet. Det bör uppmärksammas att reflexer även kan komma från patientens ögonbotten. För att minska risken för bestående skador kan dämpande (s.k. halvtransparenta) ögonskydd användas. Arbetet måste organiseras så att arbetspassen vid denna typ av behandling inte blir för långa så att ögat får möjlighet att återhämta sig.

Den som exponerats för laserstrålning så att ögonskada kan ha uppstått, skall snarast genomgå ögonundersökning utförd av läkare med specialistkompetens i ögonsjukdomar (AFS 1981:9).

5.2 Brandskydd

Brandfarliga vätskor och gaser får inte finnas inom räckhåll för laserstrålen. Desinfektionsmedel som innehåller brandfarliga ämnen såsom etanol, får inte användas före eller under operation. Pappers- och plastmaterial skall undvikas i laserstrålens närhet. Trachealtuber av svårantändligt material skall användas om det finns risk att laserstrålen kan träffa tuben. Man bör också använda vattenfylld kuff till trachealtuben. Lustgas skall undvikas, och andningsgasen skall innehålla med för patientens välbefinnande lägsta möjliga syrgashalt.

5.3 Rökevakuering

Spridningen begränsas bäst genom punktutsug så nära källan som möjligt. Ju längre avstånd desto större luftflöden erfordras för infångning av röken. Utsugets infångningsförmåga beror inte bara på utsuget, luftflödet och placeringen, utan också på omgivningen och föroreningskällans egenskaper. I omgivningen är det framför allt luftrörelser som är viktiga. För källan är det mängden laserrök och dess temperatur.

Den bildade röken skall filtreras så nära källan som möjligt för att undvika att slangar och ventilationskanaler förorenas. Om den filtrerade luften åter släpps ut i operationsrummet skall både partiklar och gasformiga ämnen avskiljas.

Ett mindre luftflöde är enklare att filtrera än ett större. Nackdelar med ett litet flöde är att operationsstället behöver inneslutas nästan helt, eller att kapaciteten kan bli för liten. Ju större utsugets luftflöde är, desto större rökflöden kan fångas in och desto större avstånd kan tillåtas mellan utsug och operationsställe. Blir utsugsflödet alltför stort kan det utgöra en signifikant andel av operationsrummets ventilationsluftflöde och störa luftströmningen i rummet. Om frånluften leds utomhus och inte kompenseras med ökad tilluft, genererar det ett läckage av

luft inklusive föroreningar in till operationsrummet. Frånluft från ett laserrökutsug bör evakueras genom ett separat ventilationssystem.

Om man väljer ett system med lägre luftflöde finns det kompletta anläggningar med operationsutsug, fläkt och filter, vilka kan fånga in laserröken, rena den och återföra luften till operationssalen. För att man skall uppnå en god reduktion av laserrökexponeringen med dessa system krävs både en bra infångning och en bra filtrering.

Kompletta filter, som har kapacitet att ta hand om både partiklar ($<0.01 \mu\text{m}$) och kemiska ämnen, finns att tillgå. System med flöden kring en halv liter per sekund kan fungera väl (21).

Oavsett vilket ventilationssystem som väljs krävs ett väl utformat punktutsug försett med filter. Detta skall kunna bytas på ett tillfredsställande sätt enligt en genomtänkt rutin, där filtren byts kontinuerligt efter behov. Helst bör någon form av indikering finnas (filtervakt) så att filtren alltid har tillräcklig kapacitet. Filtren bör betraktas som riskavfall. Om dessa villkor inte kan uppfyllas måste personalen skyddas med andningsskydd som kan ta hand om både mycket små partiklar och gasformiga ämnen.

Anläggningen skall kunna rengöras på ett sådant sätt, att arbetstagarna inte utsätts för risker.

6. FÖRESKRIFTER OCH REGLER

Användningen av laser är för närvarande reglerad i Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling (AFS 1981:9), Laser.

Beträffande särskilt skydd för laserstrålning har Statens strålskyddsinstitut utfärdat föreskrifter om lasrar (SSI FS 1993:1) där man föreskriver att en laser skall vara utformad, klassificerad och märkt enligt svensk standard SS-EN 60 825, utgåva 1 (1992). Bestrålning med laser tillhörande klass 4 av patienter i medicinska behandlingar eller undersökningar får endast utföras under ansvar av legitimerad läkare eller tandläkare. Om bestrålning avser ögon får behandling eller undersökning med laser tillhörande klass 3B eller 4 endast utföras under ansvar av legitimerad läkare med fullgjord vidareutbildning inom specialiteten oftalmologi.

Arbetarskyddsstyrelsen planerar att utge nya föreskrifter om laser. Dessa avses gälla all verksamhet där laser används. De förslag till åtgärder för ökad säkerhet som finns i avsnitt 7 i denna rapport, är baserade på reglerna i den planerade föreskriften.

Andra aktuella regler

Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling

Åtgärder mot luftföroreningar till förebyggande av ohälsa (AFS 1980:11) (Ändrad genom AFS 1993:7)

Arbetsställningar och arbetsrörelser (AFS 1983:6)

Farliga ämnen (AFS 1985:17)

Skydd mot blodsmitta (AFS 1986:23)

Riskavfall (AFS 1989:2)

Smittfarligt arbete (AFS 1991:2)

Biologiska ämnen (AFS 1992:8)

Internkontroll av arbetsmiljön (AFS 1992:6)
Ventilation och luftkvalitet (AFS 1993:5)
Användning av arbetsutrustning (AFS 1993:36)
Användning av personlig skyddsutrustning (AFS 1993:40)

Övrigt

Socialstyrelsens allmänna råd om hälso- och sjukvårdens riskavfall (SOSFS 1987:7)

7. FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER FÖR ÖKAD SÄKERHET

7.1 Organisation

En plan bör finnas för hur arbetet skall organiseras. En laseransvarig person måste utses. Organisation omfattar även en plan för tekniskt underhåll och regelbunden översyn, liksom för utbildning och regler för tillstånd att använda laserutrustning. En plan för arbetsmiljöarbete samt patientsäkerhet bör också ingå.

7.2 Utbildning

Den laseransvarige personen måste se till att all berörd personal får utbildning om teknik och säkerhet vid arbete med laser. Gällande säkerhetsföreskrifter skall vara väl kända och tillämpas av användarna.

7.3 Säkerhetsföreskrifter

Säkerhetsföreskrifter måste vara väl anpassade till arbetsstället och utfärdas i samarbete med laseransvarig person.

Säkerhetsföreskrifter skall finnas tillgängliga där arbete med laserteknik utföres.

Några punkter att beakta när säkerhetsföreskrifter upprättas

- Laserapparater skall vara låsta när de inte används. Det skall vara klargjort vilka personer som skall ha tillträde till apparaten.
- Elinstallationer skall vara godkända.
- Varningsskyltar måste finnas utanför den/de dörrar som leder in till lokal där laserutrustning finns.
- Skyddsglasögon, tydligt märkta med avseende på lasertyp, skall finnas tillgängliga och bäras av samtliga när utrustningen används.
- Rökutsug med filter skall vara installerat. Rutiner för filterbyte måste finnas. Filter är riskavfall.
- Andningsskydd för partiklar och gasformiga ämnen måste bäras om inte lämpligt punktutsug finns installerat.
- Brandfarliga gaser och vätskor får inte finnas i närheten av laserapparat under användning. Uppmärksamma risker vid narkos speciellt inom öron-näsa-hals. Använd våta dukar i stället för papper vid operation. Undvik sprithaltiga desinfektionsmedel.
- Rutiner skall finnas för att ta hand om de instrument och engångsmaterial som eventuellt måste betraktas som riskavfall.
- Rutiner skall finnas för tekniskt underhåll.

LITTERATUR

1. Baggish MS, Elbakry M. The effects of laser smokes on the lung of rats. *Am J Obstet Gynecol* 156 (1987) 1260-65.
2. Nezhat C, Winer WK, Nezhat F, Nezhat C, Forrest D, Reeves WG. Smoke from laser surgery: Is there a health hazard? *Lasers in Surg and Med* 7 (1987) 376-382.
3. Baggish MS, Baltoyannis P, Sze E. Protection of the rat lung from the harmful effects of laser smoke. *Lasers in Surg and Med* 8 (1988) 248-53.
4. Moss CE, Bryant CJ, Whong W-Z, Stewart J. NIOSH, Health Hazard Evaluation Report No. HETA-88-101-2008 (1990).
5. Bryant CJ, Gorman R, Stewart J, Whong W-Z NIOSH, Health Hazard Evaluation Report No. HETA-85-126-1932 (1988).
6. Tomita Y, Mihashi S, Nagata K, Ueda S, Fujiki M, Hirano M, Hirohata T, Mutagenicity of smoke condensates. *Mutat Res* 89 (1981) 145-9.
7. Kokosa JM, Eugene J. Chemical composition of laser-tissue interaction smoke plume. *J Laser Appl* (1989) 59.
8. Kubo U, Yamane K. Spectroscopic examination of vaporized living tissue smoke by laser irradiation. *Kinki Daigaku Rikogakubu Kenkyo Hokoku* 22 (1986) 209 (Food and Feed Chemistry.)
9. Kokosa JM, Doyle DJ. Hazardous chemicals formation during the simulated removal of plaque from hardened arteries with CO₂ and Nd:YAG laser. *Chimicaoggi* 10 (1978) 19-23.
10. Oosterhuis JW, Verschuere RCJ, Eibergen R, Oldhoff J. The viability of cells in the waste products of CO₂-laser evaporation of Cloudman Mouse melanomas. *Cancer* 49 (1982) 61-7.
11. Voorhies RM, Lavyne MH, Strait TA, Shapiro WR. Does the CO₂-laser spread viable brain-tumor cells outside the surgical field? *J Neurosurg* 60 (1984) 819.
12. Mullarky MB, Norris CW, Goldberg ID. The efficacy of the CO₂-laser in the sterilization of skin seeded with bacteria: survival at the skin surface and in the plume emissions. *Laryngoscope* 95 (1985) 186-7.
13. Walker NPJ, Matthews J, Newsom SWB, Possible hazards from irradiation with the CO₂-laser. *Lasers in Surg Med* 6 (1986) 84-6.
14. Sawchuk WS, Weber PJ, Lowy DR, Dzubow LM. Infectious papillomavirus in the vapor of warts treated with carbon dioxide laser or electrocoagulation: Detection and protection. *J Am Acad Dermatol* 21 (1989) 41-9.
15. Abramson AL, DiLorenzo TP, Steinberg BM. Is papillomavirus detectable in the plume of laser-treated laryngeal papilloma? *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 116 (1990) 604-7.
16. Hallmo P, Naess O. Laryngeal papillomatosis with human papillomavirus DNA contracted by a laser surgeon. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 248 (1991) 425-7.
17. Garden JM, O'Banion MK, Shelnitz LS, Pinski KS, Bakuks AD, Reichmann ME. Papillomavirus in the vapor of carbon dioxide laser-treated verrucae. *JAMA* 259 (1988) 1199-1202.
18. Ferenczy A, Bergeron C, Richart RM. Human papillomavirus DNA in CO₂-laser generated plume of smoke and its consequences to the surgeon. *Obstetrics & Gynecology* 75 (1990) 114-8.
19. Andre P, Orth G, Evenou P, Guillaume JC, Avril MF. Risk of papillomavirus infection in carbon dioxide laser treatment of genital lesions. *J Am Acad Dermatol* 22 (1990) 131-2.
20. Kneedler JA, Purcell SK. Perioperative nursing research. Part III: Potential intraoperative biological hazards to personnel. *AORN Journal* 49 (1989) 1066-82.
21. Petersson F, Jonsson L. Laserrök tas bort med vanlig sug. *Medicinsk Teknik* 5 (1989) 29.
22. McKenzie AL. The Biological-Medical Hazards of Laser. *Health Technology Standards* (1990) 433.