
Trygg bruk av laser i tannpleien

ELLEN M. BRUZELL OG LILL TOVE N. NILSEN

Safe use of dental laser

Summary

Laser is employed for a variety of tooth and oral treatments. Numbers from a national registry indicate that its use has doubled during the latest five years. This increase has occurred despite, in many instances, the lack of evidence of superior treatment outcome relative to conventional or other new treatments. It is anticipated that more clinical, high-quality investigations will reveal which laser treatments are scientifically sound. This chapter includes a brief review of laser technology, technical data, tissue effects and interactions and factors influencing penetration depth. Literature examples compare laser and conventional treatment. These conclude that the advantage of laser treatment seem to be less post-operative pain, and that the instrument is preferred by patients. The topic of laser safety is dealt with in detail because many dental lasers have the potential to cause injury. As in general phototherapy, the medical use of laser must be optimized and justified. Laser operators must adhere to safety requirements and regulations. Injuries on vulnerable organs, such as the eye, skin, pulp, and respiratory tract are described. An overview is given of the health professions which are entitled to use the strongest lasers in medical/dental treatments in the Nordic countries.

Keywords: Dental laser, light-tissue interaction, laser safety, radiation protection, eye damage.

Lasere er tatt i bruk i en rekke ulike tann- og orale behandlinger, både i hard- og bløtvev, og flere nye behandlinger er foreslått. Det har skjedd en stor utvikling i tilpasning til odontologisk bruk, som forhåndsinnstilte programmer for de enkelte bruksområder og bruk av spesielle endestykker. Tall fra et nasjonalt melderegister for lasere i Norge kan tyde på at bruken er mer enn doblet i løpet av de siste fem årene. Instrumentene er tatt i bruk uten at det nødvendigvis er vitenskapelig bevist at behandlingen er mer velegnet enn konvensjonell behandling eller andre utprøvende metoder. Det kan forventes at økt bruk og gjennomføring av flere kliniske undersøkelser av høy kvalitet tydeligere vil vise hvilke behandlinger som bestemte lasere kan egne seg for. Vi vil her gi en kort oversikt over laserteknologi og virkning, hvilke faktorer som påvirker penetrasjon av laserstrålen i vev, virkningsmekanismer og erfaring fra noen bruksområder. Som all annen lysbehandling skal bruk av laser være berettiget, og det stilles spesielle sikkerhetskrav til bruken. Det siste er spesielt viktig fordi mange lasere som brukes i tannpleien har et stort skadepotensial.

Laserteknologi

En laser er en strålingskilde som sender ut elektromagnetisk stråling i det optiske området: ultrafiolett (UV) stråling, synlig lys og/eller infrarød (IR) stråling. Forenklet går teknologien ut på at en stor mengde atomer eksiteres og avgir lys når de vender tilbake til et lavere energinivå. For å oppnå dette må det blant annet tilføres energi, enten ved hjelp av f.eks. strøm eller en annen laser. Dessuten er utformingen av laserhulrommet vesentlig for å oppnå høy emisjon, dvs. utslipp av lys. Inne i det lange, smale laserhulrommet, blir lyset forsterket ved at det reflekteres mange ganger, det blir spesielt ensrettet (kollimert) og får høy energitetthet. Energinivåene til

atomene som utgjør lasermediet, som kan være fast stoff, gass eller væske, er karakteristiske for det enkelte lasermedium slik at alle lysbølgene som oppstår har samme frekvens og bølgelengde. Som oftest sender laseren ut én bølgelengde (kalt monokromatisk) eller, ved manipulering, noen få bølgelengder, og strålebunten er samlet (koherent).

Ingen andre kunstige lyskilder til kommersielt bruk har høyere irradians enn visse lasere (10^{16} W/cm²), men det finnes også lasere som har lavere irradians enn andre lyskilder til dentalt bruk (f.eks. 1 W/cm²) (se Faktaboks for begreper og enheter). Blant lasere som brukes innen odontologi kan effekten variere mellom noen få milliwatt til rundt 60 W, men all effekten blir ikke nødvendigvis tatt i bruk. Strålingen kan sendes ut kontinuerlig eller som pulser av ulik varighet (1,2).

Faktaboks: laserterminologi, måleenheter og benevninger

- Effekten som en laser kan sende ut måles i watt (W).
- Styrke/intensitet av optisk stråling betegnes irradians eller effekttetthet (eng.: “power density”).
- Irradians måles i enheter av effekt per flate (watt per kvadratcentimeter, W/cm²).
- Energien (Joule, J) av laserstrålen er irradiansen multiplisert med interaksjonstiden målt i sekunder, og oppgis gjerne per laserpuls.
- Laserpulsvarighet oppgis i følgende fraksjoner av sekunder: milli: 10⁻³; mikro: 10⁻⁶; nano: 10⁻⁹; pico: 10⁻¹²; femto: 10⁻¹⁵.
- Pulshyppighet oppgis i frekvens (Hz).
- Laserstrålens bølgelengde er omvendt proporsjonal med fotonenergien, og oppgis oftest i nanometer (nm).
- Penetrasjonsdybde er et mål på hvor langt lyset eller den elektromagnetiske strålingen kan nå inn i et materiale før intensiteten er redusert med en faktor 1/e (ca. 37 %) av hva den var på overflaten.

Penetrasjon i vev

Penetrasjonsdybden (se Faktaboks) fra strålingen til de ulike lasere varierer med blant annet bølgelengde, pulsvarighet, type vev og utstrekning av bestrålt område (Tabell 1). I vev som tannkjøtt og tenner varierer penetrasjonsdybden fra i størrelsesorden noen få mikrometer til noen få millimeter avhengig av bølgelengde og tekniske innstillinger. Øyet, derimot, som er konstruert for at synlig lys skal nå inn til netthinnen, har større penetrasjonsdybde enn annet vev for synlig lys og nær-IR (400-1400 nm) (Tabell 2). Strålingens gang gjennom vev er avhengig av refleksjon fra overflaten og absorpsjon og spredning i vevet. Hud inneholder blant annet hemoglobin og melanin som absorberer synlig lys. Absorpsjonen avtar generelt med økende bølgelengde i det synlige og nær-IR-området. Tenner inneholder mye vann og hydroksylapatitt, og absorpsjonen av disse forbindelsene øker i store trekk med økende bølgelengde i IR-området (700-11 000 nm). Valg av laser er derfor avhengig av hvilke molekyler eller forbindelser som er målet, ved hvilke bølgelengder disse absorberer og hvor dypt ned i vevet en ønsker å nå. Penetrasjonsdybden begrenses ofte av utstyrets fysiske kapasitet (2).

Når stråling med høy intensitet blir absorbert i vevet, inntreer ulike mekanismer som f.eks. varmeutvikling. Hvor mye varme som utvikles, er blant annet avhengig av hvor intens laserstrålen er i utgangspunktet, hvor dypt den penetrerer og hvor mye som blir absorbert i vevet. Temperaturøkningen er avhengig av varmeledningsevnen til det aktuelle vevet. Om energien fra strålingen avsettes over et større område, blir varmeeffekten spredt utover arealet, og temperaturøkningen blir lav. Bruk av lasere med bølgelengder som avsetter det meste av energien i overflaten, som CO₂ og Er:YAG (Tabell 1), derimot, kan teoretisk gi svært høye temperaturer. For å minimalisere utilsiktet temperaturøkning, kan man benytte metoder som vann- og luftkjøling og forhåndsavkjøling (1,2).

Tabell 1. Tekniske data til et utvalg av lasere i odontologisk bruk rangert etter penetrasjonsdybde (fra høy til lav)(2). Lasere får navn etter lasermediet. Eks.: Nd:YAG er en faststoffstav av krystallen yttrium-aluminiumgranat med urenheter (“doped”) av neodym.

Laser- navn	Medium; type	Bølge- lengde(r), nanometer	Stråling levert som		Penetra- sjonsdybde
			pulser	kontinuer- lig stråling	
Ar	Argon; gass	488-510		x	noen få millimeter
Diode (flere)	Halvleder; fast stoff	810-980	x	x	
Nd:YAG	Yttrium-alu- miniumgranat med neodym; fast stoff	1 064	x		
CO ₂	Karbondioksid; gass	10 600	x	x	størrelses- orden mikrometer
Er,Cr: YSGG	Yttrium-se- len-gallium- granat med erbium og krom; fast stoff	2 780	x		
Er:YAG	Yttrium-alu- miniumgranat med erbium; fast stoff	2 940	x		

Tabell 2. Potensielle øyeskader som kan forårsakes av for høy eksponering fra ulike odontologiske lasere.

Bølgelengdeområde (nanometer)	Eksempel på laser	Mulig øyeskade
Synlig (400-780)	Ar	Fotokjemisk og termisk skade på netthinnen
Nær infrarødt (780-1400)	Diode Nd:YAG	Katarakt, netthinneforbrenning
Midt infrarødt (1400-3000)	Er,Cr:YSGG Er:YAG	Termisk skade i kammeret foran linsen, katarakt, hornhinneforbrenning
Fjern infrarødt (3000-)	CO ₂	Hornhinneforbrenning

Virkningsmekanismer

Hvilke reaksjoner som skjer i vevet under laserbehandling, er avhengig av blant annet effekt per flateenhet (irradians) og interaksjonstiden med vevet (puls eller kontinuerlig) (se Faktaboks). Høye irradianser i størrelsesorden 10^{11} - 10^{16} W/cm² som gis i korte pulser av femto- til nanosekunders varighet, fører til såkalt fotodisrupsjon, tidligere kalt elektromekanisk effekt. Dette gir sjokkbølger, hull- og gnistdannelse. Teknologien brukes blant annet i minimal invasiv kirurgi, gjerne med Nd:YAG laser (3).

Kombinasjonen med høye irradianser, 10^{11} - 10^{13} W/cm², og korte pulser av femto- til picosekunders varighet, gir opphav til såkalt plasma-indusert ablasjon, dvs. vev blir fjernet uten tegn til termisk eller mekanisk skade. Metoden blir brukt innen øyekirurgi og til kariesdeteksjon (Nd:YLF; yttrium-litium-fluorgranat med neodym som har bølgelengder 1047 og 1053 nm) (3).

Molekylære bindingsbrudd forekommer ved såkalt fotoablasjon,

som oppstår ved irradianser i størrelsesorden 10^7 - 10^{10} W/cm² med pulser av 10-100 nanosekunders varighet. Fotoablasjon oppnås med eksimerlasere som sender ut UV-stråling, og metoden brukes blant annet til synskorrigerende kirurgi (såkalt LASIK) (2,3).

Termiske virkningsmekanismer kan være resultatet av mange kombinasjoner av irradians (10^1 - 10^6 W/cm²) og pulslengde eller bestrålingstid (fra mikrosekunder til opptil 1 minutt), og med mange lasertyper (alle som er nevnt i Tabell 1). Temperaturøkningen kan føre til smelting, karbonisering, fordampning eller koagulering, og virkningene kan derfor utnyttes innen ulike typer kirurgi (2,3).

Fotokjemiske virkningsmekanismer oppstår ved relativt lave irradianser, i størrelsesorden fra noen hundre milliwatt/cm² til noen få watt/cm², og bestrålingstiden er lang i forhold til ved de øvrige mekanismene: sekunder og minutter. Denne metoden kan egne seg i såkalt fotodynamisk terapi, som brukes f.eks. ved overfladisk behandling av basalcellekreft (basaliom) (2,3).

Biostimulering til blant annet sårheling og smertebehandling er et annet bruksområde. Metoden er kontroversiell både på grunn av stor variasjon i lysdoser (størrelsesorden 1-50 J/cm²) og bølgelengder (synlig lys og IR), som det hevdes har klinisk virkning, foruten variasjon i kvaliteten på vitenskapelige artikler om emnet og mangel på kontrollerte, kliniske studier (3,4). Fotokjemiske og termiske virkninger oppnås også med andre lyskilder enn laser, mens fotoablasjon og -disrupsjon bare kan oppnås ved laserbruk.

Bruksområder

Det finnes mange enkeltstudier som viser at bruk av lasere gir ønsket virkning innenfor behandlinger som utføres og diagnoser som blir stilt i munnhulen. Sammenfattende vurderinger av flere randomiserte kliniske studier kan gi svar på om bruk av laser til et spesifikt problem er vitenskapelig fundert og/eller er fordelaktig fremfor rådende, konvensjonell behandling. I Tabell 3 er det gitt eksempler på slike nyere oversiktsartikler der laserbruk ved ulike

Tabell 3. Sammenligning av laser- og konvensjonell behandling innenfor utvalgte bruksområder basert på sammenfattende, kliniske studier.

*Sammenligning av mange metoder.

Bruksomåde	Eksempler på lasertyper	Fordel fremfor konvensjonell behandling?	Referanse til oversiktsartikkel	Kommentar
Endodonti: bakteriereduksjon	Nd:YAG; Er,Cr:YSGG; Er:YAG	Usikkert, motstridende funn	(5)	
Periodontitt: klinisk feste, sonderingsdybde, endring i gingival resesjon	Er:YAG	Nei	(6)	
Kariesfjerning og kavitetspreparering	Er:YAG; Er,Cr:YSGG	Laser og borlike effektive. Laserbruk krever lengre behandlingstid, men foretrekkes av voksne pasienter. Kan ikke konkludere med hensyn til behandling av barn.	(7)	Begrenset eller utilstrekkelig bevis for støtte til bruk av laser: J Evid Base Dent Pract 2012;12: 31-32.
Bløtvevspreparering: implantatinnsetting	Er:YAG	(Konvensjonell: "flap elevation") Mindre postoperativ smerte.	(8)	Samme behandlingstid

Bruksomåde	Eksempler på lasertyper	Fordel fremfor konvensjonell behandling?	Referanse til oversiktsartikkel	Kommentar
Rensing av infiserte implantatoverflater	Er:YAG; CO ₂	(Konvensjonell: kjemisk, mekanisk) Nei	(9)	
Behandling av dental hypersensitivitet*	HeNe; Nd:YAG; Er:YAG; GaAlAs	Mulig positiv virkning av enkelte lasere. Kan ikke konkludere	(10)	
Pulpotomi i melketenner	Nd:YAG; Er:YAG; CO ₂ ; 632/980 nm diode	Nei	(11)	

behandlingsindikasjoner er sammenlignet med andre behandlinger (5-11). Ut fra denne ikke-utfyllende oversikten ser det ut til at de største fordelene ved å bruke laser per i dag sammenlignet med konvensjonell behandling, er at pasientene foretrekker den og at de opplever mindre postoperativ smerte ved enkelte behandlinger. Fremover forventes det, spesielt fra teknologimiljøene, at utvikling og bruk av såkalte fiberlasere vil øke kraftig innenfor områder som kirurgi. Lasermediet er en bøyelig, optisk fiber med f.eks. erbium eller neodym og som kan generere lypulser av femtosekunders varighet. Blant fiberlasernes fordeler fremfor gass- og faststofflasere nevnes at de er bærbare, kan brukes på vanskelig tilgjengelige steder i kroppen, og dessuten har høy effekt som samles i et svært lite areal (12).

Berettiget og optimal bruk

Som ved andre medisinske prosedyrer skal også bruken av optisk stråling være berettiget og optimalisert. Det vil si at om det ikke er vitenskapelig fundert at en laserbehandling har den ønskede virkning, skal den ikke brukes. Det stilles også krav til at behandleren skal ha kontroll på hvilke lysdoser som skal gis for å oppnå tilstrekkelig behandling og samtidig unngå overbehandling. Optimalisering kan også bety at kun bestemte bølgelengder skal benyttes. Disse prinsippene er nedfelt av internasjonale strålevernsorganisasjoner og er lovregulert i en del land, blant annet Norge. I den norske lovforordningen heter det at “Behandling med ikke-ioniserede kilder i den hensikt å forebygge og helbrede sykdom eller lindre symptomer skal skje etter faglig forsvarlige dokumenterte prosedyrer. Tilsvarende gjelder når behandlingens formål er kosmetisk”. Det er ulik praksis for hvem som kan utføre behandling med laser i de nordiske landene (Tabell 4). Lasere er inndelt i syv ulike klasser etter skadepotensialet, der de to med høyest potensial kalles 3B og 4. De fleste lasere som benyttes til odontologiske formål er klasse 4, bortsett fra enkelte diodelasere som kan være klasse 3B. Lasere i begge disse klassene kan forårsake øyeskader ved direkte og reflektert laserstråling.

Lasersikkerhet

Behandling med laser skal foregå i samsvar med en internasjonal standard (13) og EU-direktivet om kunstig, optisk stråling på arbeidsplassen (14), som begge gjelder i alle de nordiske landene. I tillegg kan det være nasjonale regler som gjelder. Ifølge direktivet har arbeidsgiver følgende plikter ovenfor ansatte der det brukes laser og/eller andre optiske kilder:

- Foreta risikovurdering
- Redusere eksponering
- Tilby helseundersøkelse
- Gi informasjon og opplæring.

Tabell 4. Rett til å utføre odontologisk behandling med klasse 4 laser i de nordiske landene. Egne regler gjelder for kosmetisk behandling i enkelte land.

Land	Hvem kan utføre odontologisk/ medisinsk behandling med laser klasse 4?	Nettside; Lovregulering; Kommentarer
Danmark	Tannlege/lege (herunder kosmetisk tannbehandling)	Sundhedsstyrelsen.dk ; BEK nr 1464 af 28/12/2012 https://www.retsinformation.dk/forms/R0710.aspx?id=144690 ; Kan bruke medhjelpere med dokumenterte, relevante kvalifikasjoner i beskrevne tilfeller
Finland	Tannlege eller lege	www.valvira.fi ; Finlex 27.3.1991/592 ; (Sannsynligvis anledning til bruk av medhjelpere under bestemte forutsetninger)
Island	Ingen særskilt lovregulering for laserbruk per i dag, men dette er under revisjon	
Norge	Helsepersonell (også klasse 3B). Behandlinger i munnhulen: Tannlege/lege må inngå i virksomheten og vedkommende må kunne gi tilstrekkelig faglig veiledning.	www.nrpa.no ; Strålevernfor-skriften og Helsepersonelloven; a) Helsepersonell kan utføre behandlingen og må være fullt i stand til å foreta behandlingen på egen hånd; b) Helsepersonell kan delegere oppgaven til en medhjelper. Helsepersonell kan delegere oppgaven til en medhjelper som må motta tilstrekkelig veiledning og hjelp må motta tilstrekkelig veiledning og hjelp.
Sverige	Tannlege eller lege	www.ssm.se ; SSMFS 2012:4

Operatørfeil var årsak til 67 % av alle laserskader, melder en rapport (1). Derfor er opplæring i lasersikkerhet god skadeforebygging. Arbeid med lasersikkerhet er en kontinuerlig prosess, og det

bør påbegynnes før utstyret ankommer klinikken. Arbeidsgiver skal utpeke en strålevernskoordinator ved hver virksomhet. Leverandøren av utstyret har ansvar for å gi tilstrekkelig brukeropplæring og instruksjon i lasersikkerhet.

Fordi laserstrålen kan nå langt, gjelder beskyttelse fra mulig eksponering ikke bare de som oppholder seg i umiddelbar nærhet, som pasienten og laseroperatøren, men også behandlingsmedhjelpere. Andre personer skal ikke ha adgang. Følgende sitat er hentet fra en artikkel om lasersikkerhet: "The circumstance of...laser beams crossing a walkway occurs surprisingly frequently ...".

Lasere i klassene 3B og 4 krever blant annet et kontrollert og avskjermet behandlingsområde, brukssignaler under drift, krav til at klær og gardiner ikke er brennbare, og ikke minst øyebeskyttelse til alle personer som befinner seg i behandlingsrommet. Produsenten av laserutstyret skal kunne gi informasjon om egnet øyebeskyttelse, det vil si hvilken optisk tetthet som er påkrevet for denne, samt irradians og eksponeringsnivå som kan nå overflaten på beskyttelsen. Videre skal øyebeskyttelsen være spesielt tilpasset den enkelte lasers bølgelengde(r) og være merket i henhold til gjeldende standard.

Personskader – hva galt kan skje?

De alvorligste skadene fra uhell, utilsiktet eksponering eller feilbruk av laser er fra gnistantenning av gass i kroppshulrom som luftveier eller tarm. Dette skjer heldigvis sjelden. Bruk av visse lasere kan i enkelte situasjoner gi gnistantenning, overoppheting og føre til brann i klær, gardiner og andre tekstiler i behandlingsrommet. Andre organer og vev som er utsatt for utilsiktet lasereksponering er øyne, hud, pulpa og luftveier (indirekte):

Øyet

Det er flere åpenbare grunner til at øyet er spesielt utsatt for utilsiktet laserstråling. Foruten tilgjengelighet og øyets evne til å absorbere

UV, synlig lys og IR- stråling, kan øyelinsen fokusere laserstrålen på netthinnen. Laserstrålen er svært samlet og ensrettet og kan ha høy energi. Dermed kan en laserstråle som treffer hornhinnen med irradians på 5 mW/cm^2 bli forsterket 10 000 ganger til 50 W/cm^2 innen den treffer netthinnen. Til sammenligning er irradiansen fra en herdelampe mot tannoverflaten i størrelsesorden 1 W/cm^2 . Netthinneskader kan i bestemte tilfeller føre til helt eller delvis synstap, midlertidig eller permanent. Skaden som kan oppstå i øyet, er avhengig av bølgelengden på laserstrålen (Tabell 2). Foruten stråling er øynene også utsatt for partikler som kan bli slynget ut med høy hastighet fra vevet under behandling.

Huden

Huden er også et tilgjengelig målorgan for utilsiktet laserekspone- ring, og har i likhet med øynene evne til å absorbere optisk stråling. For høy eksponering fra laserstråling i det synlige området kan føre til hudforbrenninger, fotosensitivitetsreaksjoner og pigmentforand- ringe, mens IR-stråling kan gi hudforbrenning.

Pulpa

Pulpa er utsatt for temperaturøkning og direkte skade ved laser- behandling i tenner og tannkjøtt. Varmeutvikling er den mest sannsynlige bieffekten, og irreversible skader på pulpa kan oppstå hvis den utsettes for en temperaturøkning over $5\text{-}6 \text{ }^\circ\text{C}$. Varmeled- ningsevnen i tannen er dårligere hos personer med nedsatt blodsir- kulasjon, mange restaurasjoner eller mye karies. Avkjølingsmeto- der er spesielt viktig for lasere som ikke penetrerer dypt, som f.eks. Er:YAG laser, for å unngå termiske skader i pulpa.

Luftveier

Fordampning eller mekanisk fjerning av vevet kan danne luftbåren forurensning. Dette kan dreie seg om avløsnede vevspartikler, også

kalt “laser splatter”, røyk og gass. Partiklene kan være små nok til å innåndes, og de kan inneholde virus, bakteriesporer og maligne celler. En rekke forskjellige hydrokarboner er funnet i røyk som utvikles. Selv om potensielt karsinogene komponenter er påvist i røyk og damp fra behandlingsstedet, er det uvisst hvilken risiko dette innebærer for operatør og pasient (15). Spesielt for behandling i munnen er det, ifølge laserstandarden (13), viktig å være oppmerksom på at røyk, gasser og partikler kan inhaleres av pasienten. Ulike innretninger som egnede sug og filter er beskrevet i laserstandarden.

Hva gjør man hvis det oppstår en skade?

Telefonnumre til medisinsk førstehjelp og øyelege må være tilgjengelig på forhånd. Følgende instruksjoner er foreslått (13,16):

Øyeskade

1. Hold den skadede rolig
2. Skaff førstehjelp/transport
3. Koble ut lasen
4. Sørg for at den skadede blir undersøkt av en øyelege innen 24 timer.

Hudskade

1. Hold den skadede rolig
2. Stans eventuelle blødninger
3. Skaff førstehjelp/transport
4. Koble ut lasen.

Etter at den skadede er tatt hånd om skal foretaket undersøke hendelsen med skriftlig dokumentasjon fra alle som var til stede, gjerne med foto. Kilden til hendelsen skal bestemmes, og feilen skal rettes

opp. En skriftlig melding om uhell, overeksponering eller pasient-skade skal sendes til rette myndighet i det aktuelle land.

REFERANSER

1. Leknes KN, Alstad ME, Angelsen SV, Schilbred Eriksen E, Espervik A, Bruzell E. Laserbehandling av infeksjoner ved tenner og dentale im-plantater. *Nor Tannlegeforen Tid* 2009; 119:700-706.
2. Katzir A. *Lasers and optical fibers in medicine*. San Diego: Academic Press; 1993
3. Heilmann M. 6. Laser-tissue interactions. Master's program in medical physics, 2009. (Besøkt 26. april 2013)
www.umm.uni-heidelberg.de/inst/cbtm/ckm/lehre/basicoptics/6_LASER-Tissue-InteractionsII.pdf
4. American Society for Photobiology. *Photobiological Sciences Online*. Photomedicine. Smith KE (2013); Hamblin MR (2008). (Besøkt 26. april 2013)
www.photobiology.info/
5. Mortman RE. Technologic advances in endodontics. *Dent Clin N Am* 2011;55:461-480.
6. Sgolastra F, Petrucci A, Gatto R, Monaco A. Efficacy of Er:YAG laser in the treatment of chronic periodontitis: systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci* 2012;27:661-673.
7. Jacobson T, Norlund A, Sandborgh G, Tranaeus S. Application of laser technology for removal of caries: a systematic review of controlled clinical trials. *Acta Odontol Scand* 2011;69:65-74.
8. Esposito M, Maghaireh H, Grusovin MG, Ziounas I, Worthington HV. Soft tissue management for dental implants: what are the most effective techniques? A Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol* 2012;5:221-238.
9. Meyle J. Mechanical, chemical and laser treatments of the implant surface in the presence of marginal bone loss around implants. *Eur J Oral Implantol* 2012;5 Suppl:S71-81.
10. Bamise CT, Esan TA. Mechanisms and treatment approaches of dentine hypersensitivity: a literature review. *Oral Health Prev Dent* 2011;9:353-367.

11. De Coster P, Rajasekharan S, Martens L. Laser-assisted pulpotomy in primary teeth: a systematic review. *Int J Paediatr Dent* 2012; DOI: 10.1111/ipd.12014 (Epub).
12. BioPhotonics april 2013. Fiber lasers at the cutting edge of surgery. www.biophotonics-digital.com/biophotonics/april_2013?sub_id=N-NWU0WPC7PEL#pg1
13. International Electrotechnical Commission (IEC): Safety of laser products – Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans (IEC 60821-8, 2. utgave) [Standard]. Genève, IEC, 2006.
14. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2006/25/EF af 5. april 2006 om minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdstagernes eksponering for risici på grund af fysiske agenser (kunstig optisk stråling) (19. særdirektiv i.h.t.artikel 16-1 i direktiv 89/391/EØF). (Besøkt 26. april 2013)
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006L0025:DA:NOT>
15. Mowbray N, Ansell J, Warren N, Wall P, Torkington J. Is surgical smoke harmful to theater staff? A systematic review. *Surg Endosc* 2013; 27:3100-3107.
16. Barat K. Laser accidents: occurrence and response. *Health Phys* 2003;84 (5 Suppl):S93-95.