

Ellen M. Bruzell, Terje Christensen og Bjørn Johnsen

## Riktig øyebeskyttelse reduserer risikoen for øyeskader fra herdelamper

Tannklinikker bruker ulike instrumenter og innretninger som sender ut optisk stråling. Av disse er herdelampen det instrumentet som brukes mest og som samtidig er i så nær avstand til operatøren at det foreligger en risiko for øyeskade. I denne artikkelen presenterer vi en oppdatering av ulike øyeskader og øyesykdommer som kan forårsakes eller påvirkes av optisk stråling. Det er foretatt oppmåling og vurdering av lysdempingen i 13 øyebeskyttende filtre. Halvparten av dem ble vurdert til å ha en tilfredsstillende lav lysgjennomgang, det vil si mindre enn 0,1 % i det aktuelle bølgelengdeområdet. Beskyttelsesbriller kan eliminere risiko for øyeskader ved lysherding av dentale materialer.

Stråling fra herdelamper utgjør den største risikoen for å utvikle eller pådra seg strålingsrelaterte øyeskader i vanlig tannlegepraksis. Denne påstanden kan begrunnes i flere forhold. Bruk av herdelamper forårsaker større eller mindre eksponering for personalet i de fleste klinikker. Samtidig er det kjente sammenhenger mellom egenskaper ved det lyset som herdelamper sender ut og netthinneskade, og det er praktisk mulig å oppnå skadelige doser. Dessuten er bruk av øyebeskyttelse ikke alltid fullstendig ved at den enten ikke anvendes hver gang eller at beskyttelsen har utilstrekkelig kvalitet. Bare omtrent to tredjedeler av personalet bruker øyebeskyttelse [1]. De øvrige strålingskildene i en tannklinikk vil kunne bidra til en samlet, uheldig øyeeksponering, slik som lys fra arbeidslampen, hodelampe tilhørende lupebriller, feil eller manglende øyebeskyttelse ved bruk av laser eller utilsik-

ket bestråling fra steriliseringsskap. I klinikker med særlig utstrakt bruk av laser, og der lasersikkerheten er utilstrekkelig, kan faren for skade på enkeltpersoner være tilstede, men det finnes ikke noen risikovurdering som sammenligner den absolutte risikoen fra ulike kilder i tannlegepraksis.

### Uheldige virkninger av lys på øyet

Øyet er utviklet for å transportere synlig lys til netthinnen, men all annen optisk stråling, altså ultrafiolett (UV) og infrarød (IR), vil med sine ulike bølgelengder og fotonenergier nå fremre vev i øyet som hornhinnen, fremre øyekammer, linsen og glasslegemet. En forutsetning for at skade oppstår er at strålingen blir absorbert og at lysdosen er over et visst nivå. Absorpsjon kan forekomme i cellenes DNA, vannmolekyler, proteiner og i de mange pigmentene som finnes i ulike deler av øyet, foruten i fotoreseptorene som viderefremmer synsinntrykk til hjernen.

### UV-induserte øyeskader

De skader som UV-stråling kan frambringe, vil affektere de ytterste vevene i øyet, som hornhinnen og linsen. Dette kan gi seg utslag i snøblindhet (keratoconjunctivitis nivalis) som kan oppstå under opphold i omgivelser med sterk refleksjon fra for eksempel snø, sjø eller sand [2]. Imidlertid er det UVB (280–320 nanometer (nm)) og UVC (100–280 nm) som kan forårsake denne type akutte skade, og slik stråling forekommer ikke fra vanlig brukte lyskilder i tannklinikken med unntak av steriliseringsenheter. Slik apparatur er basert på kortbølget UVC. Skader på hornhinnen er typisk for utilsiktet eksponering fra slike kilder. Mer langbølget UV (UVA) kan bidra til utvikling av grå stær (katarakt) [3], en tilstand som kjennetegnes ved fordunkling av øyelinsen.

Kataraktutvikling vil kunne forekomme etter akkumulert UV-påvirkning over lang tid. Det er diskusjon i fagmiljøet om hvor stor betydning UV har for utviklingen og i hvor store doser [4]. Det er kjent at strålingstyper som røntgen [5] og IR [6] kan bidra til kataraktutvikling, og det diskuteres om også synlig lys (400–800 nm) kan være en medvirkende faktor. Virkningsmekanismen kan være celledskader forårsaket av

#### Forfattere

Ellen M. Bruzell, dr scient, seniorforsker, Nordisk Institutt for Odontologiske Materialer (NIOM), Oslo.

Terje Christensen, dr philos, forsker, Statens strålevern, Østerås.  
E-post: terje.christensen@nrpa.no

Bjørn Johnsen, siv ing, forsker, Statens strålevern, Østerås.  
E-post: bjorn.johnsen@nrpa.no

Artikkelen har tidligere vært trykket i Tandläkartidningen nr. 1, 2015.

kjemiske radikaler (med eller uten oksygen) som dannes når blått lys absorberes i ulike øyevev [3, 4]. Mens UVA kan føre til både direkte skade på f.eks. DNA og indirekte skade via fotosensibilisering (absorpsjon i for eksempel et pigment med påfølgende reaksjon og dannelse av oksygen- og andre radikaler som kan skade celler og vev), fører eksponering med synlig lys bare til fotosensibilisering. Laboratoriestudier indikerer at UVA kan spille en rolle for utviklingen av pterygium («surfers's eye»), en tilstand der bindevev vokser over hornhinnen [7].

Noen effekter som vanligvis forbindes med UV-eksponering, kan oppstå ved lengre bølgelengder enn 400 nm (det såkalte aksjonsspekteret strekker seg inn i det synlige området), siden disse teknisk definerte grensene for ulike typer stråling er satt på grunnlag mer av fysisk karakter enn av hensyn til biologiske reaksjoner. Det er verd å være oppmerksom på disse glidende overgangene mellom reaksjonsmekanismer forårsaket av UV eller synlig lys siden noen herdelamper sender ut et strålingsmaksimum ved omtrent 400 nm (overgangen mellom UV og synlig, demonstrert i Fig. 2) i tillegg til et vanlig forekommende maksimum ved omtrent 470 nm. De tidligere brukte halogen- og plasmabelampene hadde ofte en større UV-komponent enn de fleste av dagens brukte LED-lamper.

#### *Blålysinduserte øyeskader*

Om øynene useses for blått lys (den synlige delen av spekteret) over en viss dose, kan skader oppstå i fotoreseptorene i øyets netthinne (retina). Det kan skje etter at lyset har blitt absorbert i synspigmenter. Alternativt kan absorpsjon og skade forekomme i netthinnens pigmentepitel. Disse skadene er av fotokjemisk art. Et kjent eksempel er skader i den gule flekk (macula lutea), der skarpsynet sitter, etter observasjon av solen under solformørkelse (solar retinitt) [8].

Fotokjemiske skader kan skje akutt eller som følge av påvirkning over tid (kumulativ). Både teori og laboratoriestudier tyder på at oksidative mekanismer er med på å utvikle netthinneskader som følge av blålyseksponering. Det kan dannes ulike oksygen- og andre reaktive radikaler som kan gi celle- og vevskader på ulikt vis. Effekten av radikalene kan motvirkes av antioksydanter, som kan være tilstede i ulik mengde [8, 9]. Med alderen vil dannelse av og mengden lysabsorberende synspigmenter øke, og dermed vil også sannsynligheten øke for dannelse av reaktive oksygenspesies (ROS). Dette skjer samtidig som lageret av antioksydanter avtar. Disse forholdene peker i retning av at blått lys bidrar til utvikling av aldersrelatert makuladegenerasjon (AMD) [9].

Epidemiologiske studier er ikke like utvetydige når det gjelder sammenhengen mellom eksponering fra optisk stråling og AMD, noe som kan skyldes at det er vanskelig å kontrollere eksponeringsforhold og å skille mellom effekter av UV og synlig lys, for eksempel fra sollys. Det er vist en svak sammenheng mellom blålyseksponering, men ikke for UV-eksponering, og utvikling av AMD [10] i epidemiologiske studier. I en nyere oversiktsartikkel ble ikke optisk stråling tillagt vekt som mulig bidrag til utvikling av AMD

[11], mens det i en annen oversiktsartikkel fra samme år er ført grundig argumentasjon for sammenhengen [9].

#### *Påvirkning av døgnrytmer*

Alle kunstige lyskilder kan bidra til å påvirke døgnrytmen hos mennesker. Når synlig lys i bølgelengdeintervallet 460–500 nm blir absorbert i netthinnen, nærmere bestemt av melanopsin i de fremre gangliecellene, blir det sendt signaler til den delen av hjernen (hypotalamus) som styrer hormonforandringer i ulike kjertler, og som fører til døgnvariable, fysiologiske variasjoner. For å opprettholde døgnrytmene er fravær av lys om kvelden nødvendig. Da dannes blant annet søvnhormonet melatonin [12]. Det er liten grunn til å tro at lyseksponering fra herdelamper, brukt om dagen, vil bidra til påvirkning av døgnrytmer. Ved kvelds- eller nattarbeid, derimot, er det verd å merke seg at den samlede lyspåvirkningen i tannklinikken kan være høy, og at det kan føre til mindre produksjon av melatonin.

#### *Tilfeller som krever spesiell påpasselighet*

##### *Behandlingssituasjonen*

Vanligvis er det ikke nødvendig å utstyre pasienten med lysbeskyttende briller når man lysherder tannmaterialer, men eventuelle assistenter eller pårørende som sitter nær pasienten i en slik vinkel at øynene deres kan treffes av reflektert lys, bør beskyttes. Risikoen for utilsiktet lyseksponering øker når fortenner behandles.

##### *Kunstig linse*

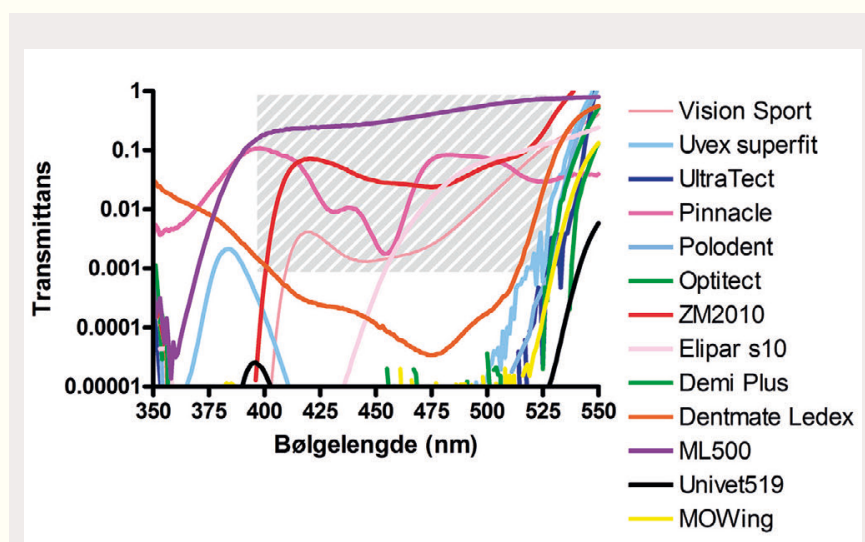
Pasienter eller behandlere med ulike øyesykdommer eller som har intraokulære linseimplantater (f.eks. etter en kataraktoperasjon) kan ha økt risiko for øyeskade når de utsettes for UV og synlig lys. Linseimplantatene har som regel UV-beskyttelse og noen har også beskyttelse mot deler av det synlige lyset, men bølgelengder fra en LED-herdelampe passerer lettere gjennom slike enn gjennom den normale linsen hos en middelaldrende person [13].

##### *Fotosensibilisering av legemidler og lysfølsomhet*

En rekke legemidler kan absorbere UV og synlig lys og gi opphav til fototoksiske og fotimmunologiske reaksjoner. Lys kan reagere med lysabsorberende legemidler eller nedbrytingsprodukter av disse som blir lagret i øyevev og hud. Munnhulen gir i tillegg lyset tilgang til blodbanen gjennom godt vaskularisert vev og til tenner, som også har evne til å akkumulere enkelte medikamenter. Eksempler på vanlig brukte legemidler som kan gi opphav til fotosensibilisering, er enkelte NSAIDs, antidepressiva, midler mot psoriasis og antibiotika (tetrasykliner) [14]. Et reseptfritt naturlegemiddel med fotosensibiliserende virkning er johannesurt (med virkestoffet hypericin)[9]. Dette middelet kan akkumuleres i netthinnen. Forutsetningen for at et lege- eller næringsmiddel kan utøve fototoksisk virkning i netthinnen, er nettopp at det kan krysse blod-netthinnebarrieren, har evnen til å absorbere lys og kan binde seg til biomolekyler i netthinnen. Enkelte nanopartikler, som fullerol, har disse egenskapene [9]. Sykdommer som f.eks. porfyrier og urticaria solaris samt fotodynamisk behandling av for eksempel hudkreft og psoriasisbehandling gir økt lysfølsomhet.

Tabell 1. Produktinformasjon om øyeskyttelsen som ble vurdert

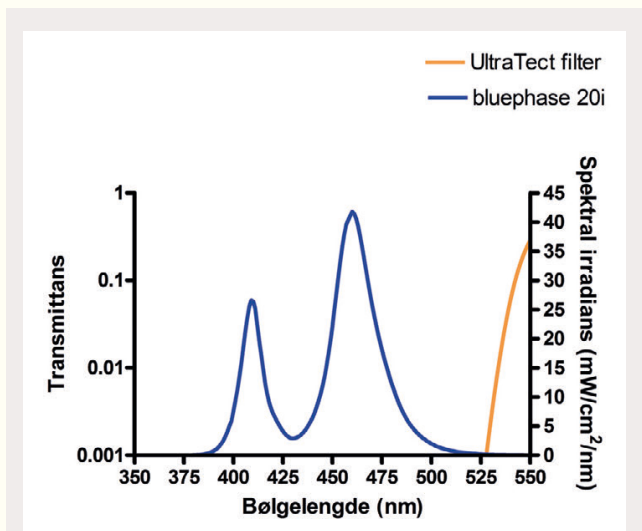
Produktnavn	Produsent	Leverandør i Sverige	Type øye-beskyttelse	Kvalitets- eller testmerking av produkt
[Demi Plus]	sds Kerr,Bioggio, Sveits		Plate på herdelampe	Nei
[Dentmate Ledex]	Dentmate, New Taipei City, Taiwan		Plate på herdelampe	Nei
[3M ESPE Elipar s10]	3M Dental Products, St. Paul, MN, USA		Plate på herdelampe	Nei
ML filter 500	Multilens AB, Mölnlycke, Sverige		Flip-on til brille	Ja (emballasje)
MO Wing	MeridentOptergo AB, Mölnlycke, Sverige		Bøyd plate	Ja (produkt)
Optitect-CL UV- + kalt-lichtbrille	Hager Et Werken GmbH&Co, Duisburg, Tyskland	Dab Dental	Brille	Nei
Pinnacle	Kerr Total Care, KaVo Kerr Group, Washington DC, USA		Utskiftbart filter til medfølgende innfatning	Ja (emballasje og bruksanvisning)
Polodent	Polodent instruments, Polo MB, Oisterwijk, Nederland	Cenger Scandinavia	Brille	Ja (produkt)
UltraTect	Uvex Sperian ompakket av Ultradent Inc, South Jordan, UT, USA	Åhren Dental Consult	Brille	Ja (produkt)
Univet 519 UV 525	Univet S.r.l., Rezzato, Italia		Brille	Ja (produkt)
Uvex superfit	Uvex Arbeitsschutz GmbH, Fürth, Tyskland	Forssbergs Dental	Brille	Ja (produkt, emballasje, bruksanvisning inkl. transmisjonsspektrum)
Vision sport	Vision, Cherry Hill, NJ, USA		Brille	Ja (produkt)
Zoom! (Leverandørnavn: ZM2010)	Discus Dental LLC, Culver City, CA, USA	Unident	Brille	Ja (produkt, emballasje)



Figur 1: Lysgjennomgang (transmittans) av øyeskyttende filtre (0,001 tilsvarer 0,1 %). Demi Plus, Dentmate Ledex og 3M ESPE Elipar s10 er navnene på herdelampene med de aktuelle, påmonterte filtrene. Transmittansspektra fremkommer gjennom forholdet mellom spektrum fra en lyskilde med filter foran og et referansespektrum fra samme kilde uten filter.

### Stråling fra andre lyskilder

Optisk stråling fra andre lyskilder enn herdelamper i tannklinikken vil i prinsippet kunne gi tilsvarende øyeskader som fra herdelamper, men i mindre grad, avhengig av faktorer som bølgelengde, irradians og utbredelse av lysstrålen. Lasere, derimot sender ut optisk stråling i en samlet, svært tynn stråle som ofte gir svært høy irradians. Lyset fra en laser kan bestå av én eller noen få bølgelengder fra hele den optiske delen av spekteret, slik at helt andre fysiske og biologiske virkninger i øyet, og dermed andre øyeskader, kan oppstå enn de som skyldes eksponering fra herdelamper. Dette temaet er behandlet i andre publikasjoner [15]. Som en interessant sammenligning av lysmengden som kan nå inn til øyet fra ulike kilder, kan det nevnes at irradiansen fra herdelamper kan være 1000–10 000 ganger høyere enn sollysrirradiansen på jordover-



Figur 2: Et eksempel på et tilstrekkelig filter, Ultratect, med transmittans lavere enn 0,1 % i bølglengdeområdet 390 – 525 nm. Transmittansspekteret fra filteret overlapper ikke med emisjonsspekteret fra herdelampen bluephase20i.

flaten (Oslo i juli) innen visse bølglengdeområder, mens en laser kan gi en irradians som er det mangedobbelte av en herdelampe.

Heldigvis kan risiko for øyeskade enkelt reduseres ved ulike mottiltak. For å oppnå best mulig materialherding, må lyslederen holdes parallelt med materialoverflaten i kort og stabil avstand. Det er lettere å holde lampen stødig når man ser på behandlingsområdet under belysningen. Risikoen for øyeskade kan reduseres ved ikke å bruke unødig høy lysstyrke (irradians) eller unødig lang belysningstid eller ved å velge teknologi som hindrer lys i å komme utenfor behandlingsområdet. Likevel er det nødvendig å bruke gjennomsiktige, men samtidig lysbeskyttende briller eller filter. Disse kan utformes på ulike måter, som påmonterte plater på herdelampen, håndholdte filterplater eller plater som dekker

arbeidsområdet, eller som briller. Resultater fra en undersøkelse av øyeskyttende filtre [16] viste at kun halvparten var av tilfredsstillende kvalitet. Målet med studien vår var å måle og vurdere beskyttelsesgraden til filtre opp mot de lamper som er i bruk i dagens tannklinikker. Et annet mål var å finne ut om en større andel av øyeskyttende filtre som selges på dagens marked var av god nok kvalitet sammenlignet med produktene i den forrige undersøkelsen [16], som ble utført i 2006.

## Materialer og metoder

(Fullstendig beskrivelse finnes i nettversjonen).

Åtte av de 13 filterne som ble vurdert ble innkjøpt i oktober-november 2011 fra skandinaviske forhandlere. Tre beskyttelsesplater som påmonteres herdelamper, ble valgt tilfeldig blant NIOMs utvalg av 15 slike lamper som var anskaffet i perioden 2008–2011. Transmisjonsmåling av Univet og MO Wing ble foretatt separat (Tabell 1).

Måling av produktenes filteregenskaper i bølglengdeområdet 350–800 nm (spektral transmittans) [16] og metode for måling og beregning av herdelampenes spektralkarakteristikk (irradians, eksitans og radian) er beskrevet tidligere [17]. Beregning av «maksimale tillatte eksponeringstider,  $t_{max}$ » for herdelamper uten og med beskyttelsesfilter og for direkte og reflektert stråling ble gjort i samsvar med internasjonalt fastsatte grenseverdier [17–19]. Vurderinger med høy og lav sikkerhetsmargin ble foretatt. Disse var basert på henholdsvis filterets maksimale transmittans (lysgjennomtrengelighet) og på eksakte kombinasjoner av spektra fra lampe og filter.

## Resultater

### Transmittans i beskyttelsesfiltere

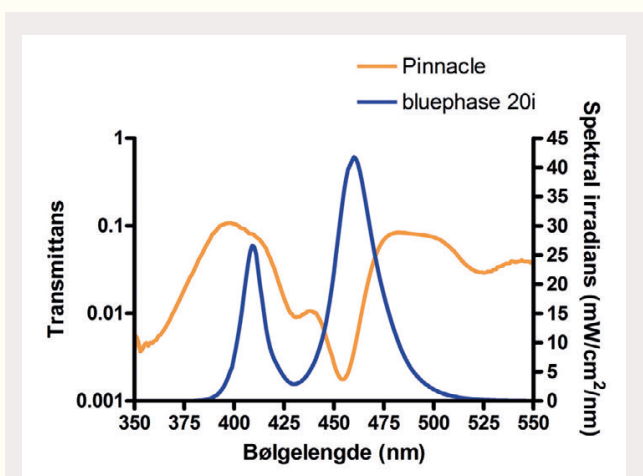
Andelen lys som slapp gjennom beskyttelsesfilterne (transmittans uttrykt som % lysgjennomgang sammenlignet med lys fra lampen uten filter foran) varierte mellom omtrent 0,001 % (de-

Tabell 2. «Maksimal tillatt eksponeringstid»  $t_{max}$  for direkte og reflektert bestråling fra herdelamper uten øyeskyttelse

	Elipar FreeLight 2	Demi Plus	blue- phase 20i	blue- phase 16i	blue- phase 16i	Smart- Lite iQ2	FlashSoft		FlashMax		LEDemetron II	
				Valo*			m/hylse	u/hylse	m/hylse	u/hylse	liten lys- guide	stor lys- guide
Irradians, mW/cm <sup>2</sup>	966	1579	1560	1003	2159	743	1408	2213	3860	4600	1376	635
Blålysvæktet radians, mW/cm <sup>2</sup> /sr	608	2025	868	656	1289	424	1235	1113	3148	2122	998	488
Planvinkel, rad	0,7	0,5	0,6	0,3	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,8	0,6	0,6
$t_{max}$ direkte bestråling, minutter	2,7	0,8	1,9	2,5	1,3	3,9	1,4	1,5	0,5	0,8	1,7	3,4
$t_{max}$ reflektert bestråling, minutter	22,4	13,2	17,8	89,9	10,8	39,3	17,8	11,2	5,5	5,1	16,4	35,3

\* Verdier for Valo gjelder for «standard mode». sr: steradian; rad: radian

teksjonsgrensen) og 73 % i bølglengdeintervallet 390–525 nm (figur 1).



Figur 3: Et eksempel på et utilstrekkelig filter, Pinnacle, som beskytter kortere enn 8 timer mot direkte eller reflektert lys fra herdelamper med irradianser  $\geq 1000 \text{ mW/cm}^2$ . Transmittansspekteret fra filteret overlapper med emisjonsspekteret fra herdelampen bluephase20i.

### Eksposering fra herdelamper uten beskyttelsesfilter

Maksimal tillatt eksponeringstid for direkte blålysbestråling,  $t_{\text{max}}$ , fra utvalgte LED-herdelamper med forskjellig irradians var i gjennomsnitt 1,9 min (område: 0,5–3,9 min). Tilsvarende  $t_{\text{max}}$  for reflektert bestråling var 23,7 min (område: 5,1–89,9 min) (tabell 2).

### Risikovurdering med høy sikkerhetsmargin

$t_{\text{max}}$  som gjelder for direkte og reflektert stråling gjennom filterne fra en herdelampe med irradians i størrelsesorden  $4000 \text{ mW/cm}^2$ , ble kategorisert i tre grupper avhengig av egnethet som blålysbeskyttelse: utmerket, middels og utilstrekkelig beskyttelse (tabell 3). Beregningene ble gjort på grunnlag av den høyeste transmittansverdien i det aktuelle bølglengdeområdet. For å sikre øyeskyttelse gjennom en 8-timers arbeidsdag måtte filterne ha en transmittans på mindre enn 0,1 % i bølglengdeområdet 390–525 nm. (Området utenfor det skraverete, grå rektangelet i figur 1.) Dette kravet ble tilfredsstilt hos syv av 13 filtre (se eksempel, figur 2).

### Risikovurdering med lav sikkerhetsmargin

Beregning av  $t_{\text{max}}$  på grunnlag av kombinasjonen av bestemte herdelamper og filtre viste at tre av 13 filtre vil beskytte kortere enn 8 t. Dette gjelder hvis de blir bestrålt enten direkte eller med

Tabell 3. Beskyttelse fra filtre angitt som «maksimal tillatte eksponeringstid»,  $t_{\text{max}}$ , med høy sikkerhetsmargin. Irradians  $\geq 3000 \text{ mW/cm}^2$  fra en herdelampe er lagt til grunn i beregningene

Utmerket beskyttelse	Transmittans % (maksimum)	$t_{\text{max}}$ minst (timer)	
		Reflektert	Direkte
DemiPlus (filter på lampe)	0,0001		
OptitectCL	0,0020		
Polodent	0,0220		
UltraTect	0,0400	Mer enn 8 timer (21–70 000 timer)	Uvex superfit: 2,2 timer. Øvrige mer enn 8 timer (24–7000 timer)
UvexSuperfit*	0,1000	Univet: mer enn ~17 timer ved $1000 \text{ mW/cm}^2$	
MO wing	0,034		
Univet519	0,018		
Middels beskyttelse			
DentmateLedex (filter på lampe)	2	4,1	0,4
Utilstrekkelig beskyttelse			
VisionSport	11	0,9	0,08
Elipar s10 (filter på lampe)	12	0,7	0,07
ML500	73	0,1	0,01
Pinnacle	10	0,9	0,08
ZM2010	20	0,4	0,05

\* $<0,1 \%$  i gjennomsnitt for bølglengder 519–525 nm, selv om enkelte verdier i dette området er høyere (maksimum: 0,4 %) (se figur 1). Middels beskyttelse: Kan brukes til lamper med irradians lavere enn omtrent  $3000 \text{ mW/cm}^2$ .

Tabell 4. Beskyttelse fra filtre angitt som «maksimal tillatte eksponeringstid»,  $t_{max}$ , med lav sikkerhetsmargin. Filtrene beskytter kortere enn 8 t ved eksponering fra reflektert og direkte stråling fra minst én av herdelampene. Lamper med ulik irradians og/eller lyskjegler ble valgt for å demonstrere sammenhengen med  $t_{max}$ . Tallene i parentes tilsvarer  $t_{max} > 8$  t, men er tatt med for sammenligningsens skyld.

$t_{max}$ (timer)		Herdelamper (irradians, mW/cm <sup>2</sup> ; romvinkel, sr)				
		Elipar Freelight 2 (966; 1,3)	Demi Plus (1579; 0,7)	bluephase20i (1560; 1,1)	bluephase16i (2159; 1,3)	FlashMax * (3860; 0,9)
ML500	Reflektert	1,20	0,70	0,90	0,50	0,30
	Direkte	0,10	0,04	0,10	0,06	0,03
ZM2010	Reflektert	(12,40)	6,70	~ 8	4,90	3,10
	Direkte	1,50	0,40	0,90	0,60	0,30
Pinnacle	Reflektert	(33,22)	(20,6)	(11,2)	(15,4)	5,0
	Direkte	4,1	1,3	1,2	1,8	0,5

\* Med avtakbar hylse. Irradians er høyere uten denne.

reflektert lys fra herdelamper med irradianser i størrelsesorden 1000 mW/cm<sup>2</sup> eller høyere (tabell 4, se eksempel figur 3).

## Diskusjon

Lampenes irradians, romvinkel og spektrum påvirker beregningen av  $t_{max}$ . Eksempel er gitt i nettversjonen.

Den mer presise beregningsmetoden av eksponeringstider som gir en lavere sikkerhetsmargin (tabell 4) gjelder for kombinasjonen av kjent lampe og kjent filter. Derfor vil den ikke gjelde dersom man bytter lampe eller det skjer endringer i lampenes irradians. Slike endringer kan skje som følge av elektriske eller mekaniske feil eller ytre skader som for eksempel sprekker i fiberoptikken i lyslederen. Tilsvarende, om det oppstår skader på øyebeskyttelsen/filteret, for eksempel ved rengjøring med uegnet vaskemiddel, vil ikke resultatene som ble beregnet med lav sikkerhetsmargin gjelde (tabell 4).

Den samlede tiden som går med til lysherding i klinikken er av svært varierende varighet, og for noens del vil utgjøre noen minutter per dag. Imidlertid er det grunn til å tro at dette tallet kan bli betydelig høyere ved enkelte typer behandling, slik som ved amalgamsanering, andre tilfeller der det legges flere fyllinger i én seanse og kjeveortopedisk behandling hvor det inngår lysherding av brackets. Ved kjeveortopedisk behandling kan samlet lysherdingstid komme opp i 2,5 timer per dag per operatør forutsatt at man herder hver tann i 20 sekunder og har 14 pasienter per dag.

Grenseverdiene er satt ut fra en 8-timers arbeidsdag, og sier ikke noe om gjentatt eksponering, men det er kjent at lysinduserte netthinneskader kan forekomme etter akkumulerte bestrålinger over tid hvor hver eksponering ikke nødvendigvis bryter grenseverdien for akutt bestråling [8]. For en stor del av tannhelsepersonellet er lysherding en daglig aktivitet som kan gi en samlet høy eksponering gjennom flere år.

Når man skal velge egnet øyebeskyttelse er det viktig å ha informasjon om både filter- og lampespektrum. Forhandlerne må

ha kunnskap om hvilke bølgelengder og lysstyrker dette skal beskytte mot og at man ikke bare kan velge et tilfeldig oransje filter.

Arealet av påmonterte plater på lampenes lysledere er relativt lite og det er vanskelig å posisjonere platen slik at ikke reflektert stråling slipper forbi og kan treffe øyet på operatør eller assistent. Dermed gir slike plater en falsk beskyttelse. I en tidligere undersøkelse [16] fant vi at kvaliteten var tilstrekkelig for én av tre avtakbare filterplater. I den nåværende undersøkelsen var også én av tre slike filterplater av svært god kvalitet, men det har liten verdi når størrelsen er for liten og det er vanskelig å posisjonere platen riktig. Håndholdte plater vil gi god beskyttelse om det holdes slik at lyset hindres fra å nå øynene både til den som herder og den som holder platen. Best beskyttelse vil briller eller visir gi, eventuelt en plate som er stor nok til å dekke pasientens munn og lyslederen. Mange hevder at det er vanskelig å kombinere øyebeskyttelse mot blått lys med bruk av lupebriller. Denne kombinasjonen blir praktisert ulikt, fra ikke å bruke lupebriller ved herding, til å bytte mellom disse og øyebeskyttelsen. Det anbefales ikke å snu hodet vekk under herdingen da det viser seg at hånden som holder lampen lett vil bevege seg slik at lyset fra herdelampen treffer feil sted eller i for stor avstand slik at herdingen blir ufullstendig [20]. Faren for å varme opp bløtvev vil også kunne være tilstede når man ikke har full kontroll på plasseringen av herdelampen.

Bruk av lupebriller vil ikke nødvendigvis øke faren for øyeskader. Lysemengden til øyet vil øke, men den vil bli spredt over et større område i netthinnen (på grunn av forstørrelseseffekten), slik at lysintensiteten (irradiansen som når netthinnen) ikke blir større. På den annen side kan det være at automatiske øyebevegelser vil avta fordi man stirrer mer med lupebrillene på, og det kan igjen føre til at lysmengden til netthinnen vil øke. Automatiske øyebevegelser vil ellers fordele lysenergien utover et større område av netthinnen og derved beskytte ved at hvert punkt får en lavere total lysdose.

## Konklusjon

Andelen tilstrekkelig øyebeskyttende produkter som er tilgjengelig på markedet til bruk ved lysherding av dentale materialer, har ikke endret seg siden forrige undersøkelse i 2006.

Bruk av øyebeskyttelse i form av filterbriller eller -plater er enkle tiltak som kan eliminere eller sterkt minske risikoen for eventuelle øyeskader. Risikoen for øyeskader uten bruk av beskyttelse er avhengig av lampenes ulike fysiske egenskaper. Om man benytter en lavere sikkerhetsmargin ved beregning av «maksimal tillatt eksponeringstid», vil 10 av de 13 testede produktene være tilstrekkelige, men denne beregningen krever at kombinasjonene av spektrene til beskyttelsesfiltrene og herdelampene er kjent. Blått lys og UV kan gi akutte øyeskader. Laboratorie- og epidemiologiske undersøkelser peker i retning av at blått lys kan bidra både til kroniske øyelidelser som utvikling av katarakt og aldersrelatert makuladegenerasjon.

## Klinisk relevans

Lysherding er en del av klinikerens hverdag. Ettersom lyset fra herdelamper har blitt sterkere med årene og bruken har økt i takt med bruken av komposittmaterialer, er det viktig å bruke øyebeskyttelse for å bidra til å redusere mulig lysindusert øyeskade. Kjennskap til hvilke skader som kan oppstå kan bidra til å øke bevisstheten rundt beskyttelse mot lys- og UV-indusert påvirkning generelt.

## Takk

Studien fikk finansiell støtte av Kunnskapscentrum för Dentala Material, Socialstyrelsen, Sverige, og Helsedirektoratet, Norge. Forfatterne takker Tommy Nakken Aalerud, (tidligere ansatt) og Thomas B. Aleksandersen, begge Statens strålevern, Østerås, Norge for oppmålinger av beskyttelsesfiltre. Vi takker ProVista og MeridentOptergo AB som lot NIOM inkludere testresultatene i denne undersøkelsen.

## Forklaring av uttrykk

\* *Integrerende sfære*: En optisk komponent i lysmålerutstyr som ser ut som en hul kule. Overflaten på innsiden er laget av et reflekterende belegg som gjør at lysfeltet på kuleflaten er utjevnet. En lyssensor er plassert inne i kula og måler det utjevnete lyset. Integrerende kuler har ofte større areal på inngangsporten enn en flat sensor, som kan være en fordel når lysfeltet er bredt og ujevnt.

*Irradians*: Effekt av fotoner fra en lyskilde per flateenhet på en plan flate som treffes av fotonene ( $W/m^2$ ; for herdelamper oftest målt i milliwatt per kvadratcentimeter ( $mW/cm^2$ )). Mer populære betegnelse er lysstyrke eller lysintensitet.

\* *Isotrop spredning*: lik lysutsendelse i alle retninger fra alle punkter på en overflate.

*Lysfluks*: Effekt (watt) av fotoner som sendes ut fra lyskilden i alle retninger.

*Optisk stråling*: Ultrafiolett (UV)-, synlig- og infrarød (IR) stråling representerer elektromagnetisk stråling i bølgelengdeintervallet 100 nm – ca 0,5 mm. UV- og IR-stråling deles ofte inn i

mindre bølgelengdeintervaller, kalt henholdsvis UVC, UVB og UVA og IRA, IRB og IRC eller nær-og fjern IR.

*Polykromatisk*: flere bølgelengder

*Radians*: Effekt av fotoner fra en lyskilde per flateenhet og romvinkel, sett fra en tenkt kuleoverflate ( $W/m^2 \times sr$ ).

\* *Reflektans*: den fraksjonen av innkommende lys som blir reflektert

*Retina*: netthinne

*Romvinkel*: Et mål på størrelsen på lyskjeglen fra en lampe. Den er uttrykt som arealet på den kuleoverflaten som enden av kjeglen spenner over delt på kvadratet av radien til kulen (man tenker seg at lampen er satt i sentrum av en tenkt kule). Enhet: steradian (sr).

*Spektral transmittans*: Lysgjennomgang gjennom et filter for hver bølgelengde av lyset. Måleenhet: Relativ mengde lys (ubenevnt/nanometer (nm)).

\* *Vekte*: Brukes i matematisk sammenheng. I dette tilfellet med spektra blir hvert punkt med en verdi i et intervall I en dataserie multiplisert med samvarende punkt i en annen dataserie. Produktspekteret demonstrerer bestemte egenskaper slik som f.eks. at blått lys gir mest netthinneskade ved 440 nm.

\* Uttrykkene finnes i internettversjonen av artikkelen. Se [www.tannlegetidende.no](http://www.tannlegetidende.no)

## English summary

*Bruzell EM, Christensen T, Johnsen B.*

### Appropriate eye protection filters prevent ocular damage from curing light

Nor Tannlegeforen Tid. 2015; 125: 50–7.

A study was performed to assess 13 different eye protection filters, glasses and shields, intended for use with dental material light curing procedures as a follow-up to a similar investigation in 2006. To assess the safety and efficiency, spectra of curing lamps and filters were measured using a spectroradiometric instrument and integrating sphere. Based on international guidelines, from the International Commission on Non-Ionising Radiation Protection for blue light exposure to the eyes, the "maximum permissible exposure time" ( $t_{max}$ ) for the protection filters were calculated with high and low safety margins.

The high safety margin risk estimation was based on transmission spectra of the filters, whereas the estimation for accepting a lower safety margin was based on the overlap between emission spectra of several different curing lamps with known emission and the transmission spectra of the filters. According to the high safety estimations, 7 of 13 products had acceptable filtering qualities. Low safety estimations increased the number of acceptable filters to 10. Eye hazards and associated diseases, suggested to be induced by UV radiation and/or blue light were discussed. UV and blue light could cause acute eye hazards, whereas increasing evidence suggests that blue light contributes to chronic diseases, such as cataracts and age-related macular degeneration. The use

of eye protection with adequately low transmission properties (0,1 %) in the relevant wavelength range (390–525 nm) will eliminate or greatly reduce the risk of eye hazards when light curing dental materials.

### Referanser

1. Hauge IHR, Widmark A, Bruzell E. Bruk av røntgendiagnostikk blant norske tannlegar. Prosjektretta tilsyn etter ny forskrift om strålevern og bruk av stråling. StrålevernRapport 2009: 2. Østerås: Statens strålevern, 2009. <http://www.nrpa.no/dav/0ed90efa8d.pdf> [access 2014-07-11]
2. Sliney DH. Ultraviolet radiation effects upon the eye: Problems of dosimetry. I: Dennis JA, Stather J, editors. Radiat Prot Dosimetry. 1997; 72 (3/4): 197–206.
3. Roberts JE. Ultraviolet radiation as a risk factor for cataract and macular degeneration. Eye Contact Lens. 2011; 37(4): 246–9.
4. Eaton JW. UV-mediated cataractogenesis: a radical perspective. Doc Ophthalmol. 1994–1995; 88 (3–4): 233–42.
5. Ainsbury EA, Bouffler SD, Dörr W, Graw J, Muirhead CR, Edwards AA, Cooper J. Radiation cataractogenesis: a review of recent studies. Radiat Res. 2009; 172(1): 1–9.
6. Okuno T. Thermal effect of visible light and infra-red radiation (i.r.-A, i.r.-B and i.r.-C) on the eye: a study of infra-red cataract based on a model. Ann Occup Hyg. 1994; 38 (4): 351–9.
7. Chao SC, Hu DN, Yang PY, Lin CY, Nien CW, Yang SF, Roberts JE. Ultraviolet-A irradiation upregulated urokinase-type plasminogen activator in pterygium fibroblasts through ERK and JNK pathways. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2013; 54 (2): 999–1007.
8. Wu J, Seregard S, Algere PV. Photochemical damage of the retina. Surv Ophthalmol 2006; 51(5): 461–81.
9. Wielgus AR, Roberts JE. Retinal photodamage by endogenous and xenobiotic agents. Photochem Photobiol. 2012; 88: 1320–45.
10. Klein BEK and Klein R. Lifestyle exposures and eye diseases in adults. Am J Ophthalmol 2007; 144: 961–969.
11. Ambati J&Fowler BJ, Mechanisms of ARMD. Neuron, 75 (July) 2012: 26–39.
12. Roberts JE. Circadian rhythm and human health.2010. <http://www.photobiology.info/Roberts-CR.html> [access 2014-07-11]
13. Mainster MA. Violet and blue light blocking intraocular lenses: photoprotection versus photoreception. Br J Ophthalmol. 2006; 90: 784–92.
14. Kleinman MH, Smith MD, Kurali E, Kleinpeter S, Jiang K, Zhang Y, Kennedy-Gabb SA, Lynch AM, Geddes CD. An evaluation of chemical photoreactivity and the relationship to phototoxicity. Regul Toxicol Pharmacol. 2010; 58 (2): 224–32.
15. Bruzell EM, Nilsen LTN. Trygg bruk av laser i tannpleien. I: Aktuell Nordisk Odontologi 2014. Holmstrup P, redaktør. København: Munksgaard Danmark, 2014, Årgang 39.167–182.
16. Bruzell E, Johnsen B, Aalerud TN, Christensen T. Evaluation of eye protection filters for use with dental curing- and bleaching lamps. J Occup Environ Hyg. 2007; 4: 432–9.
17. Bruzell E, Johnsen B, Aalerud TN, Dahl JE, Christensen T. In vitro efficacy and adverse effects of light-assisted tooth bleaching. Photochem Photobiol Sci, 2009; 8: 377–85.
18. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3µm), Health Phys, 1997; 73: 539–54.
19. Guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infra-red radiation, Health Phys. 2013; 105 (1): 74–96. [http://www.icnirp.de/documents/IcnirpVisible\\_Infrared2013.pdf](http://www.icnirp.de/documents/IcnirpVisible_Infrared2013.pdf) [access 2014-07-11]
20. Price R, Shortall A, Palin W. Contemporary issues in light curing. Oper Dent 2014; 39(1): 4–14.

Adresse: Ellen M. Bruzell, Nordisk Institutt for Odontologiske Materialer (NIOM), Oslo. E-post: [ebr@niom.no](mailto:ebr@niom.no)

Artikkelen har gjennomgått ekstern faglig vurdering.

Bruzell EM, Christensen T, Johnsen B. Riktig øyebeskyttelse reduserer risikoen for øyeskader fra herdelamper. *Nor Tannlegeforen Tid.* 2015; 125: 50–7.



**Kirurgiklinikken**  
tann - kjeve - ansiktskirurgi



Sertifisert etter  
ISO 9001:2008  
standarden

[www.kirurgiklinikken.no](http://www.kirurgiklinikken.no)  
tlf 23 36 80 00, [post@kirurgiklinikken.nhn.no](mailto:post@kirurgiklinikken.nhn.no)

Kort ventetid

Alt innen oral og  
kjevekirurgi.  
Implantatprotetikk

Tannlege  
**Bent Gerner**  
spesialist i protetikk

Tannlege  
**Kjetil Misje**  
spesialist i oral kirurgi

Tannlege  
**Frode Øye**  
spesialist i oral kirurgi

Tannlege  
**Eva Gustumhaugen Flo**  
Spesialist i protetikk

Lege & tannlege  
**Helge Risheim**  
spesialist i oral kirurgi,  
maxillofacial kirurgi,  
og plastikkirurgi