

# \*Herðingardýpt plastfyllingarefna og styrkur herðingarljósa á íslenskum tannlækstofum

## \*Depth of cure versus light output in Icelandic dental offices

SIGURÐUR ÖRN EIRÍKSSON, JÓNAS GEIRSSON, BIRGIR PÉTURSSON, JÓHANN VILHJÁLMSOON, SIGURÐUR RÚNAR SÆMUNDSSON TANNLÆKNADEILD HÁSKÓLA ÍSLANDS, REYKJAVÍK

EIRIKSSON SO, GEIRSSON J, PETURSSON B, VILHJALMSSON J, SAEMUNDSSON SR. UNIVERSITY OF ICELAND, REYKJAVIK, FACULTY OF ODONTOLOGY. ICELANDIC DENTAL JOURNAL; 25: 16-19

### Útdráttur

Markmið: Mikilvægi plastfyllingarefna fer hratt vaxandi í nútímatannlækningum. Þess vegna verða gæði herðingarljósa æ mikilvægari. Tilgangur þessarar rannsóknar var að kanna gæði herðingarljósa sem notuð eru í tannlækstofum á höfuðborgarsvæðinu með ljósstyrksmælingum og mælingum á herðingardýpt plastefna (depth of cure eða DOC).

Efni og aðferðir: Með slembiúrtaki hjá tannlæknum sem starfa á höfuðborgarsvæðinu, voru 30 tannlækna valdir til þátttöku og var ljósstyrkur 37 herðingarljósa í eigu þeirra mældur með herðingarmæli (Curing radiometer Model 100). Að auki voru tvö mismuandi plastefni, Tetric Ceram og Heliomolar ljóshert með þessum herðingarljósum í 20 sekúndur og herðingardýpt mæld samkvæmt ISO staðli. Samband ljósstyrks og herðingardýpt var metið.

Niðurstöður: Af þeim herðingarljósum sem voru prófuð, voru 20 Quartz Tungsten Halogen ljós og 17 Light Emitting Diodes (LED). 81% ljósanna mældust með styrk yfir 300 mW/cm<sup>2</sup>, sem er almennt talið lágmarks ásættanlegur ljósstyrkur herðingarljósa. Styrkur fjögurra ljósa mældist undir 200 mW/cm<sup>2</sup> eða 11%. Þrjú ljós að auki mældust á bilinu 200-300 mW/cm<sup>2</sup>. Meðalljósstyrkur var 527 mW/cm<sup>2</sup> og meðalherðingardýpt var 2,11 mm fyrir LED ljós og 1,90 mm fyrir halogen ljós. Þessi munur var ekki tölfræðilega marktækur (t-test). Meðalherðingardýpt við herðingu Heliomolar var 1,66 mm og 2,35 mm þegar Tetric Ceram var hert og var munurinn marktækur (p<0.05). Sterk og marktæk fylgni var á milli ljósstyrkleika og herðingardýptar (Pearson's r=0,78 fyrir Heliomolar og r=0,92 fyrir Tetric Ceram, p<0.001).

Ályktun: Fjögur af hverjum fimm (81%) herðingarljósum á íslenskum tannlækstofum, reyndust hafa ljósstyrk meiri en 300 mW/cm<sup>2</sup>. Herðingarmælir (Curing radiometer) er nothæfur til að áætla herðingardýpt halógenljósa og LED ljósa. Ekki skiptir máli fyrir hvora ljóstegundina verið er að áætla, þar sem ekki var tölfræðilegur munur á milli tegunda.

### Abstract

OBJECTIVES: The aim of this study was to evaluate the quality of curing lights used in dental offices, using depth of cure (DOC) and light intensity measurements. METHODS: A random sample of 10% of dental offices in Iceland were visited and their curing lights tested. Light intensity of the curing lights was determined with a curing radiometer. Furthermore, two different resin composites, Tetric Ceram (TC) and Heliomolar (HM), were cured for 20 seconds. Depth of cure was recorded with scraping method in compliance with ISO standards. Associations between measured light output and DOC were calculated. RESULTS: 37 curing lights were tested, 20 Quartz Tungsten Halogen lamps and 17 LED's. Output from four curing light units (11%) measured below 200 mW/cm<sup>2</sup>. 19% of the lights had output below the recommended 300 mW/cm<sup>2</sup>. The mean light output was 527 mW/cm<sup>2</sup>. The mean DOC for LED lights measured 2,11 mm and 1,90 mm for halogen lights. This difference was, however, not significant (t-test). The mean DOC for HM was 1,66 mm and 2,35 mm for TC. This difference was significant (p<0.05). A significant correlation was observed

between light intensity and depth of cure with Pearson's  $r=0,78$  for HM and  $r=0,92$  for TC ( $p<0.001$ ). RESULTS: A regression model was built with the outcome variable „depth of cure“. Independent variables: „light intensity“; „type of material“; and „type of light“ (LED; QTH) were entered into the model. The variables: „light intensity“; and „type of material“ reached significance in the model ( $p<0,001$ ), while the variable describing either a LED light or a halogen type light failed to reach significance. CONCLUSION: 81% of curing lights tested showed light intensity equal to or over  $300\text{mW}/\text{cm}^2$ . Curing radiometer can be used to evaluate depth of cure for both QTH and LED lights as no statistical difference was recorded for the type of light.

## Inngangur

Plastfyllingarefni hafa tekið við af amalgami sem fyrsti kostur þegar val á fyllingarefni er annars vegar. Styrkur og ending plastfyllinga veltur mikið á því hversu vel fyllingarefnið hvarfast.<sup>1,2</sup> Hvörfun, eða herðing plastefna veltur aftur mikið á styrk herðingarljóssins sem notað er því styrkur ljóssins minnkar eftir því sem neðar dregur í efnið sem á að herða, ýmist vegna þess að efnið drekkur í sig ljósið eða vegna endurkasts.<sup>2,3</sup> Augljóst er því að styrkur ljósgjafans sem notaður er til herðingar er afar mikilvægur.

Tveir tegundarflokkar herðingarljósa eru notaðir í tannlækningum, þar sem ljósgjafinn er annars vegar halógenpera (Quartz-tungsten-halogen), og hins vegar ljósdíóða (Light emitting diode, LED). Þekkt er að ljósstyrkur frá ljósherðingartækjum minnkar með aldri og notkun ljósgjafa og leiðir minnkandi ljósstyrkur til minni hvörfunar og herðingardýptar. Ljósstyrkur ljósdíóða (LED) minnkar reyndar hægar og þær endast mun lengur en hefðbundnar ljósaperur.<sup>4,5,6</sup>

Í rannsókn sem framkvæmd var í Ísrael 1999 og rannsakaði 130 herðingarljós hjá starfandi tannlæknum var sýnt fram á að 46% herðingarljósa þörfuðust viðgerðar<sup>7</sup> og í rannsókn sem var gerð í San Antonio 1995, höfðu 30% herðingarljósa minni ljósstyrk en  $200\text{mW}/\text{cm}^2$ .<sup>8</sup> Sú rannsókn var endurtekin 10 árum síðar og kom þá í ljós að einungis 11% herðingarljósa hafði ljósstyrk minni en  $250\text{mW}/\text{cm}^2$  og 17% ljósstyrk undir  $350\text{mW}/\text{cm}^2$ .<sup>9</sup> Fimmtíu prósent tannlækna viðurkenndu að hafa aldrei athugað ljósstyrk á ljósum sínum í könnun sem gerð var í Ástralíu 1998.<sup>10</sup>

Markmið þessarar rannsóknar var að heimsækja 30 tannlækna stofur á höfuðborgarsvæðinu og kanna gæði herðingarljósa. Til þess voru notaðar tvær mæliaðferðir, alþjóðlega stöðluð herðingardýptarmæling (depth of cure; scraping method, ISO standards 4049) og ljósstyrksmæling. Tölfræðileg tengsl þessara mælingar- aðferða voru reiknuð.

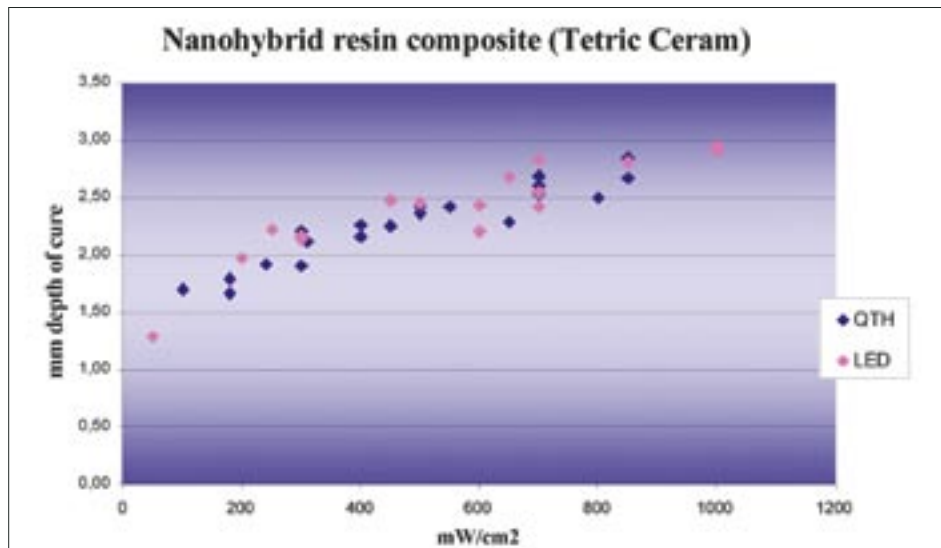
## Efniviður og aðferðir

Með slembiúrtaki hjá tannlæknum sem starfa á höfuðborgarsvæðinu, voru 30 tannlækna valdir til þátttöku og var ljósstyrkur 40 herðingarljósa í eigu þeirra mældur með herðingarmæli (Curing radiometer Model 100). Niðurstöður úr mælingum þriggja ljósa voru felld úr vegna mistaka við skráningu rannsóknarniðurstaðna. Rannsakendur fóru á tannlækna stofurnar með mælitæki sín og herðingarljós voru metin á staðnum. Til mælingar á ljósstyrk herðingarljósa voru notaðar tvær aðferðir, ljósstyrksmæling og herðingardýptarmæling. Báðar mæliaðferðirnar eru samkvæmt alþjóðlegu stöðlum þannig að niðurstöður slíkra mælinga eru sambærilegar við niðurstöður annarra rannsakennda.

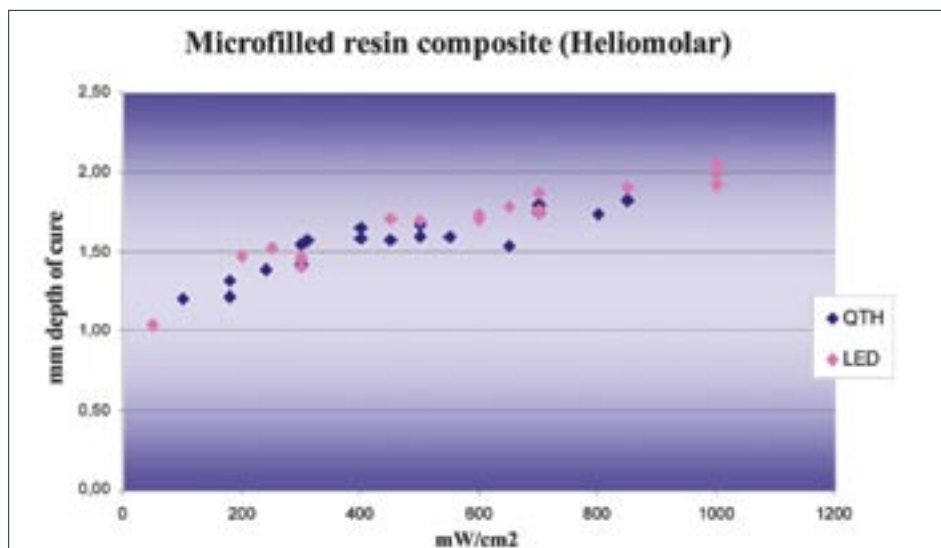
Ljósstyrkur herðingarljósa var mældur í millivöttum á fersentímetra ( $\text{mW}/\text{cm}^2$ ) með ljósstyrksmæli sérstaklega hönnuðum til mælinga á herðingarljósum sem notuð eru í tannlækningum (Curing radiometer Model 100®, Demetron Research Corporation, Danbury, CT, USA).

Herðingardýptarmæling er aðferð til mælingar á ljósstyrk herðingarljósa sem tekur ekki einungis tillit til ljósstyrks, heldur einnig bylgjulengdar og fleiri þátta sem hugsanlega hafa áhrif á getu ljósa til að herða plastfyllingarefni. Notuð var alþjóðlega stöðluð herðingardýptarmæling (depth of cure; scraping method, ISO standard 4049:2000). Við herðingardýptarmælingu þessa er notað staðlað mót úr ryðfríu stáli. Í mótinu eru tvö göt, bæði 4 mm breidd og 7.5 mm djúp.

Matrisuband var sett undir mótið, mótið fyllt með plastfyllingarefni og annað glært matrisuband sett yfir. Glerplata var sett yfir mótið og þrýst á til að fjarlægja auka plastfyllingarefni. Glerplatan var tekin af og ljóshert í 20 sekúndur með herðingarljósið, sem verið var að skoða, lagt þétt að glæra matrisubandinu. Fingri var stutt yfir gatið sem ekki var verið að herða til að koma í veg fyrir aukaljósherðingu á því sýni sem áður hafði verið ljóshert.



Graf 1. Tetric Ceram



Graf 2. Heliomolar

Rörlaga sýnin voru því næst fjarlægð úr stálmótinu og óhert plastefni var skrapað af þeim enda sýnisins sem fjær var ljósgjafanum með plastísku instrumenti. Hæð herta hluta sýnisins var mæld með stafrænum örklarða (Beta 1651/DGT) með nákvæmni upp á 0,01 mm, Deilt var í útkomuna með 2 til að ákvarða herðingardýpt.

Tvö mismunandi plastfyllingarefni voru prófuð í A2 lit. Fljótharðnandi nano hybrid plastfyllingarefni, Tetric Ceram® (TC) og microfyllt plastfyllingarefni, Heliomolar® (HM) sem vitað er að þarf lengri herðingartíma. Þrjú sýni voru prófuð í hverju efni fyrir hvert ljós eða samtals 222 sýni

## Niðurstöður

Niðurstöður frá 37 herðingarljósum voru lögð til grundvallar útreikningum niðurstaðna, 20 halógenljós og 17 díóðuljós. Ljósstyrkur fjögurra herðingarljósa eða 11% mældist undir 200 mW/cm<sup>2</sup> og samtals voru 19% ljósa undir almennt víðurkenndum lágmarksstyrk herðingarljósa 300 mW/cm<sup>2</sup>.<sup>7,8</sup>

Niðurstöður fyrir hvert efni sjást í töflu 1 og 2.

Meðaltalsherðingardýpt díóðuljósa var 2,11 og halógenljósa 1,90. Munurinn á herðingardýpt eftir ljóstegund var ekki tölfræðilega marktækur í t-prófi. Þetta fékkst frekar staðfest í aðhvarfsgreiningarlíkani þar sem breytan sem lýsti ljóstegund (díóðu eða halógen) náði ekki marktækt í líkaninu þegar leiðrétt var fyrir ljósstyrk og tegund plastfyllingarefnis sem hert var.

Meðaltalsherðingardýpt fyrir plastfyllingarefnið Heliomolar® var 1,66 og 2,35 fyrir Tetric Ceram®. Þessi munur var marktækur við 99% marktæktarmörk.

Sterk fylgni fannst milli ljósstyrks herðingarljósa og herðingardýpt með Pearson fylgnistuðulinn  $r=0,78$  fyrir Heliomolar® og  $r=0,92$  fyrir Tetric Ceram®. Fylgnin var marktæk tölfræðilega við 99% marktæktarmörk.

Línulegt aðhvarfsgreiningarlíkan var byggt með háðu breytunni „herðingardýpt“ við 20sekúnda herðingartíma. Inn í líkanið voru settar óháðu breytur „ljósstyrkur“, „tegund efnis“ (Heliomolar®; Tetric Ceram®) og „ljóstegund“ (díóðuljóstgjafi, halógenljóstgjafi). Breyturnar „ljósstyrkur“ og „tegund efnis“ voru marktækt lýsandi fyrir herðingardýpt ( $p<0,001$ ) þar sem herðingardýpt plastfyllingarefnanna jókst um 0,11mm (95%CI: 0,09;0,13) við 100 mW/cm<sup>2</sup> aukningu í ljósstyrk. Líkanið

sýndi einnig að meðaltalsherðingardýpt var 0,68mm (95%CI: 0,60;0,77) meiri þegar Tetric Ceram® var hert, heldur en þegar Heliomolar® var hert. Breytan „ljóstegund“ (díóðuljósgefi, halógenljósgefi) náði ekki marktækt í líkaninu og var látin falla út úr því.

## Umræður

Samkvæmt leiðbeiningum framleiðenda á ljósstyrksmælinum hafði 81% af herðingarljósum nægan ljósstyrk eða >300 mW cm<sup>-2</sup>, 8% hafði ónógan ljósstyrk og þurftu lengri tíma til ljósherslu eða 200–299 mW cm<sup>-2</sup> og 11% voru ónothæf, með minni ljósstyrk en 199 mW cm<sup>-2</sup>, og þörfuðust lagfæringar. Þessar niðurstöður eru mun betri en fyrri rannsóknir hafa sýnt.<sup>7,8</sup>

Ennfremur er athyglisvert að margar mælingar með lágum ljósstyrk voru frá elstu LED ljósum (first generation). Bláar LED ljósaperur hafa þröngt litrófssvið og hæsta gildi, um 470 nm, passar við þá bylgjulengd sem camphoroquinone tekur upp til að hvata efnahvarf í plastfyllingarefnum.<sup>11</sup> Niðurstöður frá fyrirhugaðri rannsókn eftir 5 ár (follow-up) munu leiða í ljós hve vel ljósstyrkur helst í þessum ljósum þar sem ekki er þörf á að skipta um perur og því í höndum tannlækna að mæla ljósstyrkinn og ákveða hvort nauðsynlegt er að endurnýja perur.

Í rannsókn Pilo og féлага (1999) var sýnt fram á línulegs sambands milli logarithmic breytinga á hörkuhlutfalli og ljósstyrks ( $R^2 = 0.84$   $p < 0.001$ ) sem er í samræmi við okkar niðurstöður sem byggðar eru á skröpunarmeðferð. Soh og félagar rannsökuðu herðingardýpt með LED og hefðbundnum quarts-tungsten herðingarljósum.<sup>12</sup> Skröpunar og „penetration“ aðferðir tengjast tölfræðilega en hafa tilhneigingu til að ofmeta herðingardýpt samanborið við microhardness.

Þrátt fyrir að sumir framleiðendur herðingarljósa mæli með 20sek. herðingartíma eru aðrir sem mæla með allt að 40sek. Tilhneiging er í þá átt að stytta þennan tíma eins og hægt er. Tannlæknar ættu sem áður að lesa og fylgja leiðbeiningum hvers fyllingarefnis fyrir sig.

## Þakkir

Rannsóknarsjóði Háskóla Íslands fyrir styrkveitingu

## Heimildaskrá

1. A. Meniga, Z. Tarle, M. Ristic, J. Sutalo and G. Pichler, Pulsed blue laser curing of hybrid composite resins. *Biomaterials* 18 (1997), pp. 1349–1354.
2. Ruyter IE, Oysaed H. Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials. *Acta Odontol Scand* 1982;40:179–92.
3. El-Mowafy OM, Rubo MH. Influence of composite inlay/onlay thickness on hardening of dual-cured resin cements. *J Can Dent Assoc* 2000;66:147.
4. K. Fujibayashi, K. Ishimaru, N. Takahashi and A. Kohno, Newly developed curing unit using blue light-emitting diodes. *Dent Jpn* 34 (1998), pp. 49–53.
5. F. Stahl, S.H. Ashworth, K.D. Jandt and R.W. Mills, Light-emitting diode (LED) polymerization of dental composites: flexural properties and polymerization potential. *Biomaterials* 21 (2000), pp. 1379–1385
6. CRA, Resin curing lights, LED. *CRA Newsl* 25 10 (2001), pp. 1–2.
7. R. Pilo, D. Oelgiesser and H. S. Cardash. A survey of output intensity and potential for depth of cure among light-curing units in clinical use. *Journal of Dentistry* Volume 27, Issue 3, 15 March 1999, Pages 235–241.
8. Barghi, T. Berry and C. Hatton, Evaluating intensity output of curing lights in private dental offices. *Journal of the American Dental Association* 125 (1994), pp. 992–996
9. Barghi N, Fischer DE, Pham T, Revisiting the intensity output of curing lights in private dental offices. *Compend Contin Educ Dent*. 2007 Jul;28(7):380-4.
10. Martn FE. A survey of the efficiency of visible light curing units. *J Dent*. 1998 Mar;26(3):239-43.
11. R. Nomoto, Effect of light wavelength on polymerization of light-cured resins. *Dent Mater* 16 (1997), pp. 60–73.
12. Soh MS, Yap AU, Siow KS. Comparative depths of cure among various curing light types and methods. *Oper Dent*, 2004 Jan-Feb;29(1)9-15