



MALMÖ HÖGSKOLA



# Brotthållfastheten i polykromatiska och monokromatiska normkronor av litiumdisilikat

Dennis Stenmark

Handledare: Zdravko Bahat, Odont.mag.

Examensarbete (15 hp)  
Tandteknikerprogrammet  
Maj 2016

Malmö högskola  
Odontologiska fakulteten  
205 06 Malmö



# Sammanfattning

## Inledning

IPS e.max® Press är en polykromatisk litiumdisilikat-förstärkt glaskeram utformad för termisk pressning. Den produceras i olika grader av opacitet, translucens, färg och färgmättnad. En polykromatisk skiktad variant, IPS e.max® Press Multi, har tillkommit med en gradvis skiftning av opacitet, translucens, färg och färgmättnad.

## Syfte

Syftet med studien är att jämföra hållfastheten mellan polykromatiska skiktade normkronor framställda av multipuckar och normkronor framställda av de konventionella monokromatiska presspuckarna.

## Material och metod

Till studien framställdes totalt 30 stycken standardiserade normkronor indelade i tre grupper, tio stycken IPS e.max® Press LT A2, tio stycken IPS e.max® Press Multi A2 och tio IPS e.max® Press Multi B12. Det framställdes 30 stycken stansar i ett ljushärdande 3D-material.

Normkronorna termocyklades varpå de cementerades på de printade stansarna, följt av cyklisk mekanisk förbelastning innan de belastades till brott i en universaltestmaskin. Värdena vid brott registrerades i Newton (N). Analysen av brotthållfastheten gjordes med one-way ANOVA, Tukey's test. Konfidensintervallet sattes till 95% och signifikansnivån sattes på  $\alpha = 0,05$ .

## Resultat

Det kunde påvisas en statistisk signifikant skillnad i brotthållfasthet mellan samtliga tre grupper. Det lägsta medelvärdet påvisade grupp Multi A (IPS e.max® Press Multi A2) med 866 N följt av grupp Multi B (IPS e.max® Press Multi B12) med 987 N. Det högsta medelvärdet påvisade grupp Mono C (IPS e.max® Press LT A2) med 1108 N.

## Slutsats

Inom ramen för studiens begränsningar kan följande slutsatser dras:

- Den monokromatiska litiumdisilikat-förstärkta glaskeramen IPS e.max® Press LT A2 är ur hållfasthetssynpunkt starkare än de polykromatiska glaskeramerna IPS e.max® Press Multi A2 och B12.
- Hypotesen bekräftas, men ytterligare studier behövs inom ämnet för att säkerställa resultaten.



# Abstract

## Introduction

IPS e.max® Press is a polychromatic, lithium disilicate glass-ceramic designed for thermal pressing. It is produced in various degrees of opacity, translucency, color and saturation. A polychromatic layered variant, the IPS e.max® Press Multi, has been developed to show gradual shifts of opacity, translucency, color and saturation similar to those of natural teeth.

## Purpose

The purpose of present study is to compare the strength of polychromatic, layered, standardized norm crowns made of multi ingots and standardized norm crowns made of the conventional monochromatic ingots.

## Material and method

For the study, 30 specimens of standardized norm crowns were generated and divided into three specimen groups: ten IPS e.max® Press LT A2, ten IPS e.max® Press Multi A2 and ten IPS e.max® Press Multi BL2. 30 dies were produced in a light-curing 3D material.

The crowns were thermocycled, whereupon they were cemented on the printed dies, followed by cyclic mechanical pre-load before load to fracture in a universal testing machine. The values at fracture were recorded in Newtons (N). Analysis of the fracture strength was performed using one-way ANOVA, Tukey's test. The confidence interval was 95% and the significance level was  $\alpha=0.05$ .

## Results

A statistically significant difference in breaking strength was detected between all three groups. The group with the lowest average result was A Multi (IPS e.max® Press Multi A2), with 866 N, followed by group Multi B (IPS e.max® Press Multi BL2) with 987 N. The highest average was detected in group Mono C (IPS e.max® Press LT A2) with 1108 N.

## Conclusion

Within the scope of present study, the following conclusions can be drawn:

- The monochromatic, lithium disilicate glass-ceramic IPS e.max® Press LT A2 has a higher fracture strength than the polychromatic glass-ceramics IPS e.max® Press Multi A2 and BL2.
- The hypothesis is confirmed, but further studies on the subject are necessary to secure sufficient results.



# Innehållsförteckning

<b>Inledning</b> .....	<b>8</b>
Frågeställning.....	10
Syfte .....	10
Hypotes .....	10
<b>Material och metod</b> .....	<b>12-17</b>
Framställning av stansar .....	12
Framställning av normkronor .....	13
Pressning och urbränning av normkronor .....	14
Värmebehandling av normkronor .....	15
Termocykling.....	16
Cementering på stans .....	16
Förbelastning.....	16
Brotthållfasthetstest.....	16
Statistik analys .....	17
<b>Resultat</b> .....	<b>18</b>
<b>Diskussion</b> .....	<b>20-23</b>
Slutsats .....	23
<b>Referenser</b> .....	<b>24-25</b>
Dokument från fabrikant.....	25
Hemsida .....	25
<b>Slutord</b> .....	<b>26</b>
<b>Materiallista</b> .....	<b>27-29</b>
<b>Bilaga 1</b> - Press och brännschema	
<b>Bilaga 2</b> - Tabell på brotthållfasthetsvärden för samtliga provkroppar	



## Inledning

De tre stora materialgrupperna för dentala ersättningar är metaller, kompositer och keramer<sup>(1)</sup>. Keramernas egenskaper karaktäriseras av hög estetik, låg värmeledningsförmåga, hög hållfasthet, biokompatibilitet, med en enkel framställningsprocess och hög överlevnadsfrekvens<sup>(2)</sup>. Vidare är de kemiskt inerta, färgstabila, korrosionsresistenta, styva och spröda<sup>(3)</sup>. Redan under 1700-talet började keramiska material utvecklas för dentala bruk<sup>(4, 5, 6)</sup> men det var först under 1960-talet de blev kommersiellt gångbara då tekniken med att bränna porslin under vakuum på metall introducerades<sup>(6, 7)</sup>.

Dentalbranschen har historiskt sett ställts inför utmaningen att hitta bästa möjliga ersättningsmaterial<sup>(8)</sup> och att förena hållfasthet med estetik<sup>(2)</sup>. Den har också ställts inför utmaningen att kombinera två oförenliga material på ett synergistiskt sätt<sup>(9)</sup>. Under de senaste decennierna har metallkeramiska ersättningar varit det primära valet på grund av deras tillförlitliga mekaniska egenskaper<sup>(10)</sup>. Dock finns det problem med att återskapa tandens djup och de optiska egenskaper som finns hos den naturliga tanden eftersom metallen som är helt opak hindrar ljustransmission med underliggande tandsubstans och omgivning<sup>(10, 11)</sup>.

Den tekniska utvecklingen av dentala keramer har varit betydande under de senaste fyra decennierna. Nya material och processtekniker har införts och renodlats i riktning mot metallfria ersättningar<sup>(12)</sup>. I början av 1990-talet dök den första generationen leucit-förstärkta glaskeramer ( $\text{SiO}_2$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{K}_2\text{O}$ ) upp på marknaden<sup>(7, 13, 14)</sup>. I sammansättningen hos dessa keramer tillsattes leucitkristaller i en amorf glasmatris, där kristallerna hade som uppgift att öka hållfastheten samt att begränsa möjlig spricktillväxt<sup>(12)</sup>. En sådan keram var IPS Empress™ från Ivoclar Vivadent<sup>(14, 15)</sup>. Dessa ersättningar kunde framställas med lost wax-metoden för termisk pressning<sup>(10)</sup>. Överlevnadsfrekvensen för dessa tandersättningar förbättrades avsevärt eftersom de hade förmågan att kunna etsas och med adhesivt cement ge god bindning till dental vävnad. Dessa leucitförstärkta restaureringar med en böjhållfasthet på ~160 MPa revolutionerade då den estetiska tandvården<sup>(15)</sup>.

En vidareutveckling av Empress™ innebar att Ivoclar Vivadent år 2000 introducerade sin andra generation glaskeram, den litiumdisilikat-förstärkta ( $\text{SiO}_2$ - $\text{Li}_2\text{O}$ ) IPS Empress™ 2. Med en ny materialsammansättning ökades styrkan både i singel- och flerledskonstruktioner<sup>(15)</sup> till en böjhållfasthet på ~350 MPa<sup>(16)</sup>.

Den tredje generationen glaskeram (litiumdisilikat-förstärkta) IPSe.max® Press introducerades 2005<sup>(17)</sup> också den från Ivoclar Vivadent. Dessa ersättningar kunde i likhet med sina föregångare framställas med CAD/CAM-teknik eller med lost wax-metoden för termisk pressning<sup>(9, 10, 15)</sup>. Utöver sina goda mekaniska egenskaper med en böjhållfasthet på ~360-400 MPa<sup>(15, 16)</sup> påvisar IPS e.max® Press höga estetiska kvalitéer<sup>(16)</sup>.

Anpassad för termisk pressning, framställs IPS e.max® Press i form av små keramiska presspuckar (ingots) som består av ca 70% nålliknande litiumdisilikatkristaller som är inbäddade i en glasartad matris<sup>(6, 18)</sup>. Vidare ingår kiseldioxid ( $\text{SiO}_2$ ), litiumdioxid ( $\text{Li}_2\text{O}$ ), dikaliumoxid ( $\text{K}_2\text{O}$ ), magnesiumoxid ( $\text{MgO}$ ), zinkoxid ( $\text{ZnO}$ ), aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), difosforpentoxid ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) och andra oxider<sup>(19)</sup>. De fysikaliska och mekaniska egenskaper uppnås av fabrikanter genom en kontrollerad bränning och avkylning av materialet. Genom denna glaskeramiseringsprocess styrs kärnbildningen och tillväxt av kristaller samt dess fördelning vilket ger materialet dess kristallina struktur<sup>(22, 23)</sup>.

Presspuckarna finns producerade i en rad olika grader av translucens, opacitet (se figur 1), färg och färgmättnad<sup>(18, 24)</sup>. Detta möjliggör att man kan matcha patientens tänder vad gäller ålder, ytglans, nivå av dehydrering och för att kunna uppnå ett så naturligt resultat som möjligt<sup>(16)</sup>.

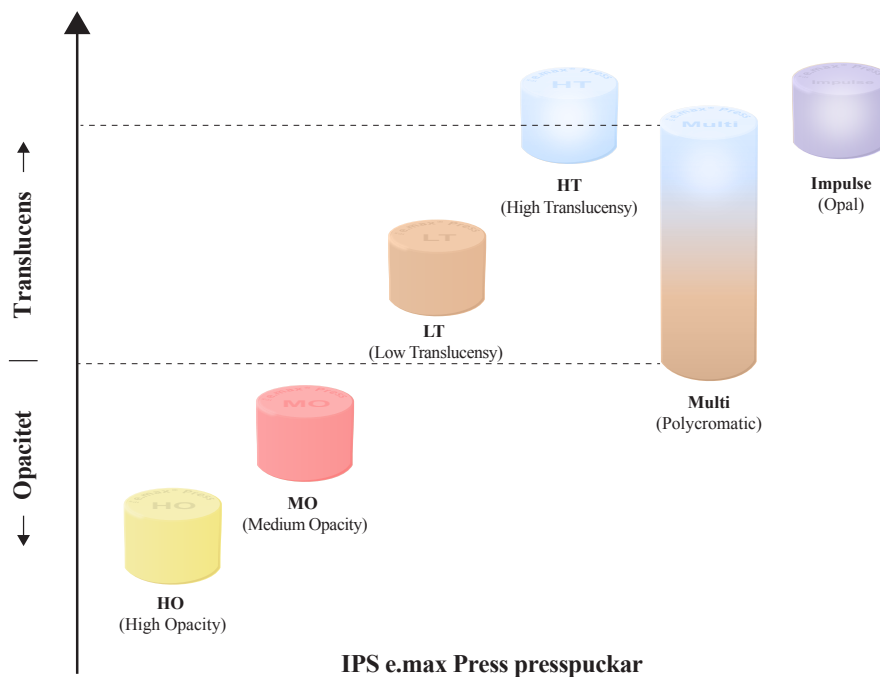
Restaurationer av IPS e.max® Press kan färdigställas genom målningsteknik med karaktäriserings- och/eller glansbränning, eller i kombination med *cut-back-teknik* där en incisal/ocklusal reducering av den pressade keramen byggs upp med en skiktningsskeram<sup>(3, 19, 20, 24)</sup>. Det finns också presspuckar med högre opacitet som lämpar sig som underkonstruktion och kan maskera missfärgade preparationer, pelare, distanser eller implantat<sup>(16, 18, 19, 20, 24)</sup>. Uppbyggnad med skiktningsteknik färdigställer sedan restaurationens anatomiska form<sup>(19)</sup>.

En fortsatt utveckling av IPS e.max® Press är sedan 2014<sup>(21)</sup> en skiktad, polykromatisk puck benämnd, IPS e.max® Press Multi, vilken lämpar sig för anteriora och posteriora singelersättningar<sup>(19)</sup>. Skiktningen i dessa multipuckar ska efterlikna den naturliga tandens färggradering vilket innebär en cervikalt opakare tandsubstans med ökad färgmättnad, translucert incisalkant eller ocklusala strukturer.

Den termiska presstekniken av multipuckar skiljer sig från motsvarande teknik vid monokromatiska puckar. För att få den gradvisa skiktningen pressar man multipucken horisontellt med prefabricerade rektangulära gjutkanaler i vax som fästes mesiobuckalt i linje med incisala och/eller ocklusala området på det aktuella vaxobjektet. Den vertikala placeringen av gjutkanalsförsedda vaxobjekt på muffelbasen ger operatören en viss möjlighet att styra andelen translucent material från den skiktade pucken<sup>(19, 20)</sup>.

I en tidigare studie<sup>(16)</sup> som testat böjhållfastheten mellan sex olika vanligt förekommande presspuckar i studiesammanhang redogör författarna för att ju högre opacitet keramerna har, desto högre mängd oxider finns i den kristallina fasen vilket påverkar hållfastheten<sup>(16, 22, 25)</sup>. Studien påvisar dock att det inte fanns någon signifikant skillnad i böjhållfasthet mellan dessa monokromatiska presspuckar inbördes, oberoende på val av puck, grader av translucens, opacitet, färg eller färgmättnad<sup>(16)</sup>.

Det finns i nuläget, lite information om multipuckarna utöver fabrikantens information. Inte heller finns enligt författarens kännedom någon oberoende studie där hållfastheten undersökt hos de skiktade multipuckarna, varför föreliggande studie är angelägen att genomföra.



**Figur 1.** Jämförelse av opacitet och translucens av tillgängliga grundtyper av IPS e.max® Press presspuckar.

## **Frågeställning**

Finns det någon skillnad i hållfastheten mellan polykromatiska normkronor och monokromatiska normkronor framställda av litiumdisilikat?

## **Syfte**

Syftet med föreliggande studie är att undersöka hållfastheten i polykromatiska och monokromatiska normkronor framställda av litiumdisilikat.

## **Hypotes**

Skiktningen och sammansättningen i multipuckar kan ha en negativ påverkan på hållfastheten i jämförelse med monokromatiska puckar. Ett homogent material borde stå sig starkare än ett skiktat.



## Material och metod

Till studien framställdes 30 stycken standardiserade normkronor i det litiumdisilikat-förstärkta materialet IPS e.max® Press. Presspuckarna som användes var skiktade Multi A2<sup>(a)</sup> och Multi B12 (Bleach Shade)<sup>(b)</sup>, samt monokromatiska LT A2<sup>(c)</sup>. Till dessa framställdes 30 stycken stansar i ljushärdande 3D-material<sup>(d)</sup>.

Normkronorna delades in efter färg i tre grupper med tio stycken i varje. Samtliga normkronor termocyklades, varefter de cementerades på stansarna. Därpå utsattes de för en cyklisk mekanisk förbelastning och slutligen ett brott hållfasthetstest. Den statistiska analysen gjordes med one-way ANOVA, Tukey's test i statistikprogrammet SPSS.

Tabell 1. Gruppindelning med förkortning.

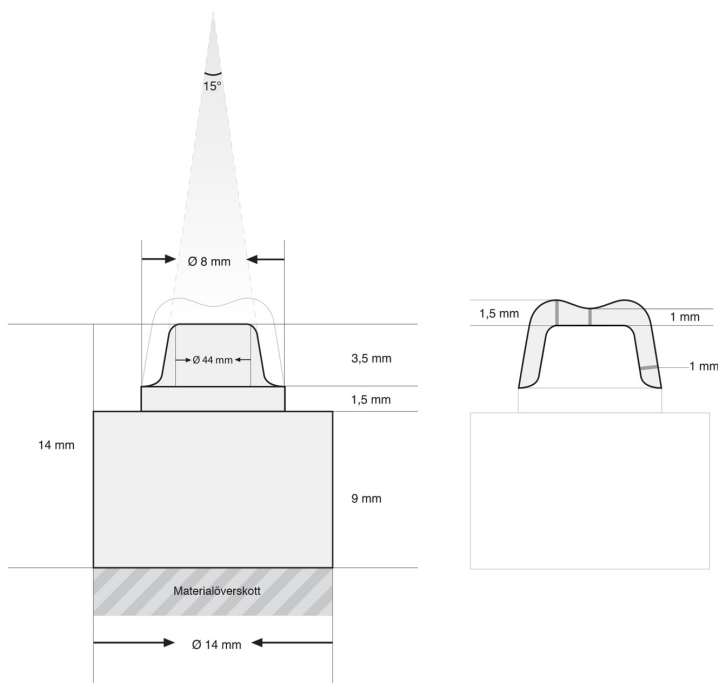
Grupp	Material	Antal
Multi A	IPS e.max®Press Multi A2	10
Multi B	IPS e.max®Press Multi B12	10
Mono C	IPS e.max®Press LT A2	10

### Framställning av stansar

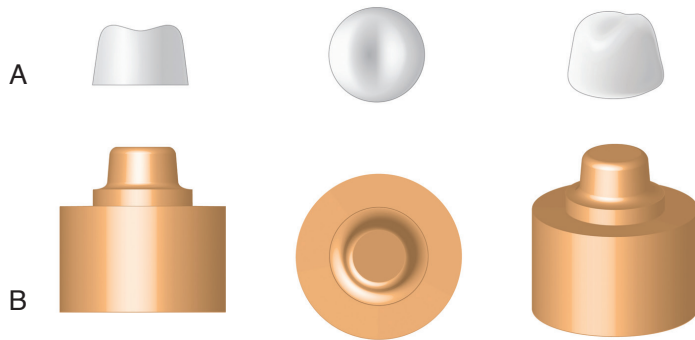
En masterstans framställdes virtuellt i ett CAD-program<sup>(e)</sup> enligt måtten och designen på *Figur 2 A* respektive *Figur 3 B*. Konstruktionen sparades som en STL-fil och öppnades i ett 3D-utskriftsprogram<sup>(f)</sup>. Filen duplicerades och printades ut med en 3D-printer<sup>(g)</sup> i lotter om sex-nio stycken stansar i ett UV-ljushärdande material<sup>(d)</sup>.

Efter printningen tvättades stansarna i kemisk ren isopropanol<sup>(h)</sup> under 2 minuter, varefter de rengjordes i ett ultraljudsbad<sup>(i)</sup> med samma vätska under 3 minuter. Dessa tvättmoment upprepades ytterligare en gång. Därefter placerades stansarna i ett värmeskåp<sup>(j)</sup> under 30 minuter i 37° C och avslutningsvis sluthärdades de i en ljushärdningsapparat<sup>(k)</sup> med 300 x 2 ljuspulser, allt efter fabrikantens anvisningar. Stansarna kontrollerades och granskades och därefter valdes 30 stycken ut som var synligt fria från porositeter och deformationer.

Den del av basen och de stödben mjukvaran CAMbrige<sup>(f)</sup> la till på de 3D-printade stansarna, kapades med en precisionssåg<sup>(l)</sup>. Hastigheten var reglerad till 8, (240 varv per minut) och varje stans tog 90 sekunder att kapa. Slutligen planslipades<sup>(m)</sup> stansarna och höjden kontrollerades med ett skjutmått<sup>(n)</sup>.



Figur 2. (A) Schematisk illustration på utformningen av stansarna. (B) Schematisk illustration på utformningen av normkronorna.



**Figur 3.** (A) Illustration på utformningen av normkronan sedd ifrån olika vyer. (B) Illustration på utformningen av stansen sedd ifrån olika vyer.

## Framställning av normkronor

En förlaga till normkronorna framställdes virtuellt i ett CAD-program<sup>(o)</sup> i form av en förenklad premolar. En tvåkuspig normkrona enligt måtten och designen på *Figur 2 B* respektive *Figur 3 A* med stansens cirkulära utformning som underlag.

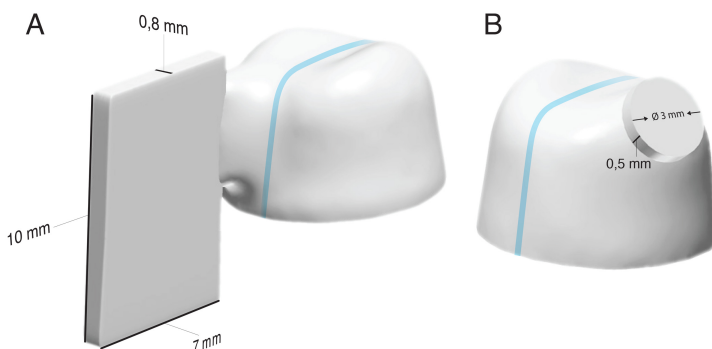
I CAD-programmet<sup>(o)</sup> sattes cementspalten till 0,080 mm ocklusalt/axialt (*extra cement gap*), 0,055 mm cervikalt (*cement gap*), varefter avståndet till preparationsgränsen (*distance to margin line*) var 1,20 mm. Avslutningsvis sattes *smooth distance* till 0,30 mm.

Utifrån den färdigställda designen av den virtuella normkronan framställdes också två olika versioner av denna, bägge med anpassade gjutkanaler för termisk pressning av IPS e.max® Press Multi<sup>(a,b)</sup> och för monokromatiska IPS e.max® Presspuckar<sup>(c)</sup>.

Gjutkanalen för multipuckarna<sup>(a,b)</sup> gjordes i en rektangulär form enligt *Figur 4 A* efter måtten 7 x 10 x 0,8 mm och placerades buckalt i linje med den ena kusen. Gjutkanalen för de monokromatiska puckarna<sup>(c)</sup> gjordes som en kort cylinder enligt *Figur 4 B* med en diameter på 3 mm och en längd på 0,5 mm. Dessa placerades mot objektets tjockaste del i linje med kuspplanet mot fossan efter fabrikantens anvisningar.

Med subtraktiv teknik frästes förlagor fram ur diskar med urbrännbart vax<sup>(p)</sup> med en fräsmaskin<sup>(q,r)</sup>. Det frästes ut 24 stycken med rektangulär gjutkanal anpassade för multipuckar<sup>(a,b)</sup>, och 12 stycken med cylindrisk gjutkanal anpassade till monokromatiska presspuckar<sup>(c)</sup>.

De frästa vaxobjektens konnektorer kapades med en elektrisk vaxkniv<sup>(s)</sup> ca 1 mm från aktuella objektet och efterföljdes av finishering med skalpell<sup>(t)</sup> och metallfräs<sup>(u)</sup>.

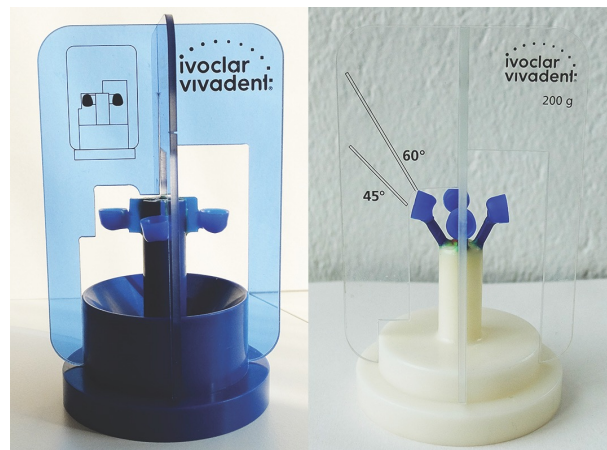


**Figur 4.** (A) Illustration på utformningen av rektangulär gjutkanal till IPS e.max® Press Multi. (B) Illustration av utformningen av cylindrisk gjutkanal till IPS e.max® Press.

Fyra likadana vaxobjekt placerades på en anpassad muffelbas<sup>(v,x)</sup>, beroende på om det var multi<sup>(a,b)</sup>, eller monokromatisk puck<sup>(c)</sup> som skulle pressas. Vaxobjekten ämnade för multipuckarna med rektangulär gjutkanal fästes i skårar på den tillhörande muffelbasen<sup>(v)</sup>. Springorna mellan gjutkanalen och muffelbasen<sup>(v)</sup> förslöts med vax<sup>(aa)</sup> och elektrisk vaxkniv<sup>(s)</sup>. Hörnen på den rektangulära gjutkanalen rundades av, också de med elektrisk vaxkniv<sup>(s)</sup>. Placeringen av vaxobjekten kontrollerades med IPS Multi Sprue Guide<sup>(y)</sup> och IPS Sprue Guide<sup>(z)</sup>, varav en var för multi<sup>(a,b,v)</sup> och en var för monokromatisk<sup>(c,x)</sup> pressning, se *Figur 5*.

Till vaxobjekten för de monokromatiska<sup>(c)</sup> puckarna användes den korta cylinderformade gjutkanaler som markör för att fästa 7 mm långa vaxtrådar<sup>(bb)</sup> med en tjocklek på 3 mm. Dessa fästes med vax<sup>(aa)</sup> och elektrisk vaxkniv<sup>(s)</sup> i en 60° lutning med en totallängd på 16 mm enligt fabrikantens anvisningar.

Inbäddningen av samtliga nio kyvetter gjordes med 200 gram speedmassa<sup>(cc, dd)</sup> samt 33 ml specialvätska<sup>(ee)</sup> och 23 ml avhärdat vatten som blandades manuellt under utsug följt av 2 minuter i en vakuumblandare<sup>(ff)</sup>. Till muffelbasarna<sup>(v, x)</sup> användes tillhörande silikonring<sup>(gg)</sup> och vaxobjekten bäddades ner under vibration<sup>(hh)</sup>. Samtliga kyvetter härdades under 20 minuter innan de liggande lades in i en urbränningsugn<sup>(ii)</sup> i 60 minuter med en temperatur på 850° C.



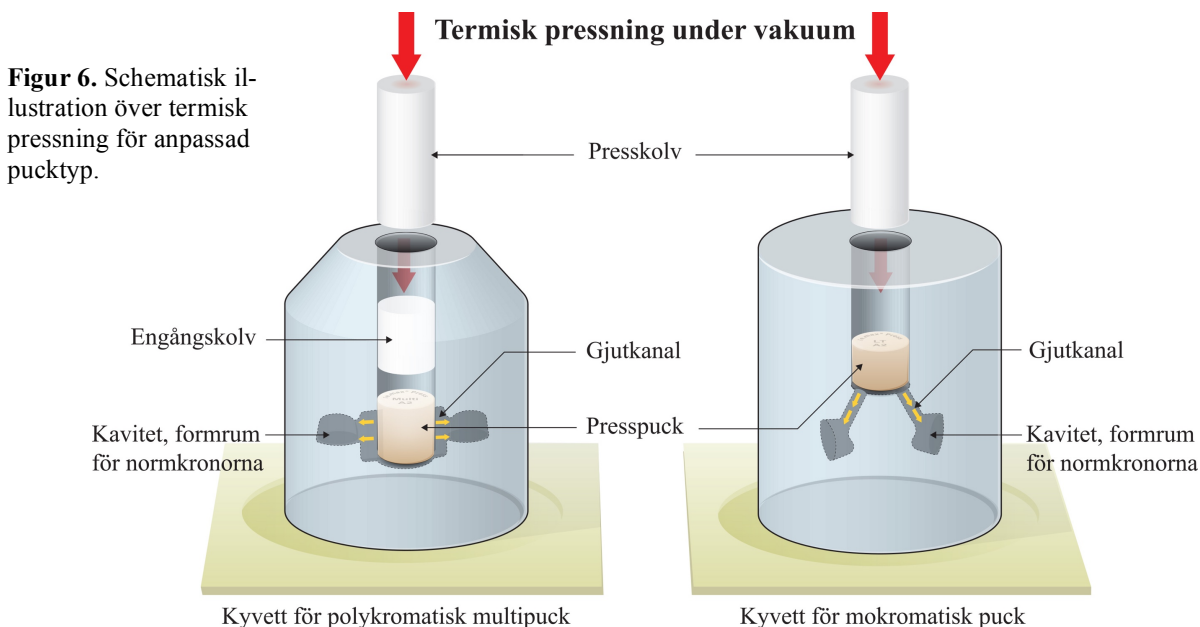
**Figur 5.** Monteringen på anpassade muffelbaser samt kontroller med IPS Sprue Guides.

### Pressning och urbäddning av normkronor

Vid pressningen av normkronorna användes samma nykalibrerade<sup>(jj)</sup> pressugn<sup>(kk)</sup> med anpassat program (se bilaga 1) för både multi<sup>(a, b)</sup> och monokromatisk<sup>(c)</sup> puck. Två stycken presskolvar<sup>(ll)</sup> användes parallellt för de monokromatiska samt en speciell engångskolv<sup>(mmm)</sup> för varje pressning av multi<sup>(a, b)</sup>. (Se Figur 6)

Efter att kyvetterna svalnat bäddades objekten ur enligt fabrikantens anvisningar. Varje kyvett delades först vid 30 mm från bottenytan med en separeringsdisk<sup>(nn)</sup> för att sedan rå-urbäddas med 50µm glaspolerpärlor<sup>(oo)</sup> under 4 bars tryck med en vinkel på 45 grader och ett avstånd på 5 cm tills objekten var synliga. Detta följdes av fin-urbäddning på 2 bars tryck med samma blästermaterial och vinkel med ett avstånd på 1-4 cm. Gjutkanaler kapades manuellt med diamanttrissa<sup>(pp)</sup> och finisherades med *heatless*<sup>(qq)</sup> följt av keramisk bunden sten<sup>(rr)</sup> på max 7.000 varv per minut med handstycke<sup>(ss)</sup>.

Avslutningsvis togs reaktionsskiktet bort enligt fabrikantens anvisningar. Normkronorna rengjordes först med Invexvätska<sup>(tt)</sup> i ultraljudsbad<sup>(i)</sup> under 15 minuter varpå de tvättades under rinnande avhärdat vatten i en minut innan dessa blåstes torra. Normkronorna sandblästrades<sup>(uu)</sup> därefter både invändigt och utvändigt med 125µm aluminiumoxid<sup>(vv)</sup> under 1,5 bars tryck med ett avstånd på 1-4 cm.



**Figur 6.** Schematisk illustration över termisk pressning för anpassad pucktyp.

## Värmebehandling av normkronor

Efter borttagandet av reaktionsskiktet utfördes en värmebehandling (se brännschema *Bilaga 1*) för varje grupp, där samtliga tio provkroppar placerade plant på tidigare oanvänt brännbord<sup>(ww)</sup>, med 5 mm mellanrum och 7 mm till kanten. Samtliga bränningar skedde i följd med samma pressugn<sup>(kk)</sup> som vid pressning av normkronorna.

## Termocykling

Efter glansbränning termocyklades<sup>(xx)</sup> normkronorna i två vattenbad med 5° C respektive 55° C i 5.000 cykler om 60 sekunder. Varje cykel innefattade 20 sekunder i vardera bad respektive 20 sekunders förflyttningstid. Efter avslutad termocykling förvarades normkronorna fuktigt i förslutna plastburkar i rumstemperatur.

## Cementering på stans

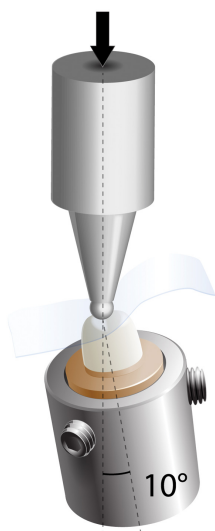
Preparationen på stansarna sandblästrades<sup>(uu)</sup> med 125µm aluminiumoxid<sup>(vv)</sup> under 2 bars tryck i 10 sekunder med en vinkel på 45 grader på ett avstånd av 5 cm innan dessa sköljdes av i kallt avhärdat vatten samt blåstes torra.

I slumpvis ordning syraetsades varje normkrona med fluorvätesyra<sup>(yy)</sup> under 20 sekunder och neutraliserades med neutraliseringspulver<sup>(zz)</sup> under 5 minuter. Därpå sköljdes varje normkrona under kallt avhärdat vatten under 1 minut innan den blåstes torr, allt enligt fabrikantens anvisningar.

Normkronorna penslades invändigt med en universalprimer<sup>(aaa)</sup> som fick verka i en minut innan kronorna blåstes med tryckluft under 5 sekunder. Därefter följde applicering av adhesivt resincement<sup>(bbb, jjj, kkk, lll)</sup> varefter normkronorna placerades under 15 N tryck i ett specialtillverkat verktyg<sup>(ccc)</sup> se *Figur 7*. En förgjutning på 5 mm av normkronornas ocklusalyta i puttymassa<sup>(ddd, eee)</sup> placerades mellan krona och presshuvud. Överflöd av cement torkades bort med en bomullspinne och glyceringel<sup>(fff)</sup> applicerades under första minuten och totalt fick normkronorna härda under 7 minuter. Efter cementering på stans förvarades de slutgiltiga provkropparna fuktigt i förslutna plastburkar.



**Figur 7.** Normkrona under 1,5 kg press i specialtillverkat verktyg.



**Figur 8.** Schematisk illustration av cyklisk förbelastning och brotthållfasthetstestet.

## Förbelastning

Normkronorna monterades efter tidigare slumpad ordning i lotter om tio i en förbelastningsmaskin<sup>(ggg)</sup> med en lutning på 10° mot belastningsriktningen, se *Figur 8*. En stålkula med en diameter på 4 mm placerades i fossan mot ena kusen på normkronorna med en 0,18 mm tjock plastfilm<sup>(hhh)</sup> emellan. Provkropparna belastades i våt miljö med 10.000 cykler med ett varierat tryck mellan 10 till 100 Newton med en cykel per sekund. Efter förbelastningen förvarades provkropparna fuktigt i förslutna plastburkar i rumstemperatur.

## Brotthållfasthetstest

Provkropparna utsattes, en och en, för belastning i en universaltestmaskin<sup>(iii)</sup> (valda ur den tidigare slumpade ordningen av förbelastad grupp). Samtliga belastades med samma tjocklek av stålkula och belastningsriktning som vid förbelastning, också här i våt miljö med plastfilm mellan stålkulan och normtanden, se *Figur 8*. Belastningshastigheten var 0,255 mm per min.

Fraktur definierades som att normkronan frakturerade igenom till stansen alternativt blev en kombinerad fraktur med kohesiva och/eller adhesiva inslag. De värden som uppstod vid brott registrerades i Newton.

### **Statistisk analys**

Den statistiska analysen av brotthållfastheten gjordes i ett statistikprogram<sup>(mmm)</sup> med one-way ANOVA, Tukey's test. Konfidensintervallet var 95% och signifikansnivån på  $\alpha = 0,05$ .



# Resultat

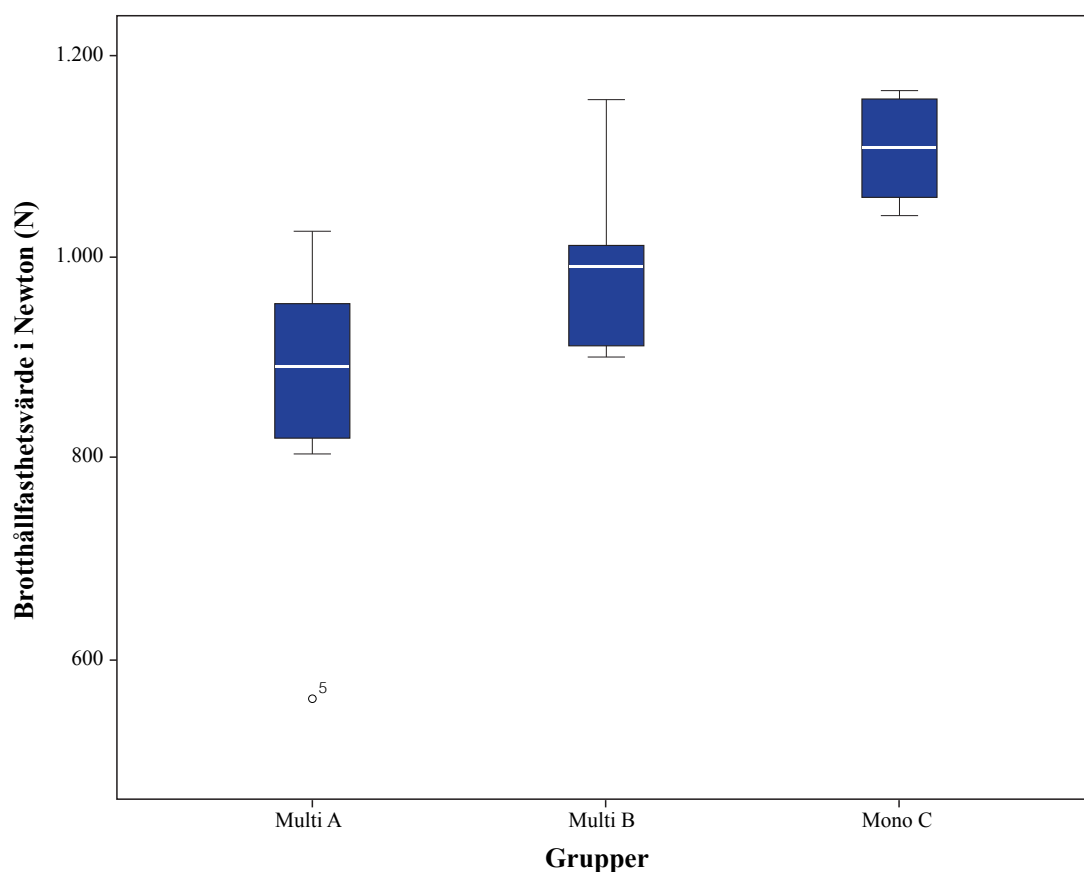
Signifikant skillnad i brotthållfasthet mellan samtliga grupper kunde påvisas statistiskt eftersom p-värdet var mindre än 0,05. Brottvärdena är i enhet Newton (N). Inga bortfall av provkroppar skedde i studien.

**Tabell 2.** Resultat av brotthållfasthetstest

Grupper	Antal (n)	Medelvärde (N)	Minimum (N)	Maximum (N)
Multi A	10	866	561	1025
Multi B	10	987	900	1156
Mono C	10	1108	1041	1165

**Tabell 3.** Jämförelse mellan grupperna

Grupper	Grupper	Standardavvikelse ( $\pm$ ) SD	Signifikans
Multi A	Multi B	121	P= 0,016
	Mono C	242	P= 0,000
Multi B	Multi A	121	P= 0,016
	Mono C	121	P= 0,016
Mono C	Multi A	242	P= 0,000
	Multi B	121	P= 0,016



**Figur 9.** Boxplot på gruppernas hållfasthetsvärde, median, första och tredje kvadrant samt spridning för respektive grupp.



## Diskussion

IPS e.max® Press är en monokromatisk litiumdisilikat-förstärkt glaskeram, utformad för termisk pressning. Puckarna produceras i olika grader av opacitet, translucens, färg och färgmättnad. En polykromatisk skiktad variant, IPS e.max® Press Multi, har tillkommit, och denna har med en gradvis skiftning av opacitet, translucens, färg och färgmättnad. Syftet med studien var att jämföra brotthållfastheten i normkronor framställda av dessa två pucktyper. Eftersom studien utfördes in-vitro efterliknar den inte den kliniska situationen helt, varför resultaten får tolkas med viss försiktighet.

För att simulera åldrande och de påfrestningar tänder utsätts för i den orala miljön, termocyklades normkronorna och utsattes för cyklisk mekanisk belastning. Temperaturskillnaden mellan vattenbadet och den följande cykliska belastningen i våt miljö kan ha get upphov till mikrosprickor och spänningar i materialet som orsakat spänningskorrosion eftersom keramer är känsliga för kontinuerliga laster, särskilt i en fuktig miljö.

Den grupp som uppvisade störst spridning var Multi A där det inom gruppen högsta värdet var 1025 N och det lägsta 561 N. Angående gruppens högsta värde, vilket var resultatet på den första normkronan i studien som belastades till brott, kan universaltestmaskinen ha stoppats en kort tid efter att frakturen skedde. Detta kan ha resulterat i ökat belastningstryck. Det lägsta uppmätta värdet på 561 N klassificeras som *outliers*. Det låga värdet kan ha berott på inre spänningar eller att anisotropa egenskaper uppstått i materialet under pressningen.

Multi A var den grupp som fick lägst medianvärde med ett resultat på 866 N, följt av gruppen Multi B med 987 N och Mono C med 1108 N. Medeldifferensen mellan Multi A och Multi B var -121 N. Mellan Multi B och Mono C var den -121 N och slutligen var medeldifferensen mellan Multi A och Mono C -242 N (brotthållfasthetsvärdena för samtliga enskilda provkroppar finns i *bilaga 2*).

Till studien framställdes totalt 30 stycken standardiserade normkronor indelat i tre grupper. De presspuckar som användes var IPS e.max® Press Multi A2, IPS e.max® Press Multi B12 och monokromatika IPS e.max® Press LT A2. Vidare bedömdes Multi i A2 som ett bra val att ha som grupp, eftersom de puckarna var motsvarande monokromatiska LT A2. Samtidigt hamnar Multi A2 i mitten på skalan om dessa rangordnas efter ljushet. Valet av en andra multipuck till studien blev därför den i marginalen ljusaste tillgängliga pucken; B12.

Metoden som valdes till studien hade som utgångspunkt att på ett objektivt och enkelt sätt jämföra brotthållfastheten i normkronor framställda av skiktad och oskiktad presspuck. Eftersom presspuckarna i studien är ämnade för såväl anteriora som posteriora ersättningar valdes en medelväg till utformningen av provkropparna. Det blev en förenklad tvåkuspig premolar som normkrona. Godstjockleken på denna utgick ifrån fabrikantens rekommendationer med hänsyn till stansmaterialets e-modul, men också för att normkronorna faktiskt skulle frakturera i brotthållfasthetstestet. Detta innebar en grundtjocklek på 1 mm runtom kronkroppen, fortsatt 1 mm i fossan och 1,5 mm tjockt material vid kusparna. En ytterligare anledning till valet av normkronornas form var att en provkroppsdesign i form av bar eller stav, hade varit svår att framställa rent tekniskt. Detta eftersom en skiktad ersättning måste hålla sig inom multipuckens höjd.

Som grund för normkronornas utformning låg stansens design, vilken baserades på fabrikantens riktlinjer och grundregler för preparationer. Utformningen som användes var den samma för samtliga grupper. Eftersom studien utfördes in-vitro resulterade konstruktionen i en cylindrisk stans med djup chamferpreparation med en konvergeringsvinkel på 15°.

Val av stansmaterial blev E-Denstone vilket är ett ljushärdande polymert material som framställs med CAD/CAM-teknik och 3D-printning. Stansmaterialets e-modul på ~3,35 GPa kan jämföras med vanligt förekommande stansmaterial i andra studier som Epoxy ~4-5 GPa och DuraLay® ~2,6 GPa som används för att efterlikna dentin med ~8,7-25 GPa<sup>(26, 27)</sup>. Man får ta i beaktande att dentinets e-modul kliniskt varierar eftersom det är uppbyggt i flera olika lager av vävnad, där bland annat ålder och generell status kan påverka<sup>(28)</sup>. Fördelen med att 3D-printa stansarna i E-Denstone är att de blir nästintill identiska med varandra, medan Epoxy och DuraLay® har nackdelen att de är två-komponentsprodukter som är operatörsberoende. Denna nackdel kan leda till större variation med krympning och porositeter som följd.

Förlagor till provkropparna bestående av stans och normkronor designades virtuellt i ett CAD-program. Detta innebar att stansen som duplicerades i antal, efter printning i det ljushärdande 3D-materialet, blev identiska med varandra. Normkronornas förlagor utgick från en och samma design, men eftersom multipuckar och monokromatiska puckars presstekniker skiljer sig åt gjordes den ena med anpassad rektangulär gjutkanal och den andra med en cylindrisk. Dessa duplicerades och frästes ut i urbrännbar vax med CAM-teknik. Detta gjorde att montering på anpassad muffelbas blev mycket enkel med goda måttförhållanden. Användningen av CAD/CAM-teknik vid utformningen av provkropparna resulterade vidare i en mycket god passform mellan de pressade normkronorna och printade stansarna, vilket möjliggjorde en objektiv jämförelse. Den goda passformen resulterade i en minimal cementspalt. En tunn cementspalt är bra ur hållfasthetssynpunkt hos en annars svag länk, eftersom dentala cement är teknikkänsliga.

Valen av cement blev Multilink Hybrid Abutment från Ivoclar Vivadent. Det är ett självhärdande kompositcement för permanent cementering av keramiska konstruktioner, bland annat till litiumdisilikat-förstärkta glaskeramer. Cementet är dock anpassat för en distans av titan/titanlegering eller zirkoniumdioxid och inte för polymert material som E-Denstone, vilket kan ha påverkat konstruktionens totala stabilitet och därmed resultatet. Av frakturtyperna att döma, vilka var både av adhesiv och kohesiv art, kunde man dock konstatera att cementet hållit bra. Detta kan vara en indikation på att cementet haft en stärkande effekt på hållfastheten.

Vid fräsning av de rektangulära gjutkanalerna på vaxobjekten för normkronorna, modifierades fabrikantens anvisningar. De prefabricerade rektangulära gjutkanalerna har en avsmalning, vilket utelämnades på de frästa. Utöver detta följdes fabrikantens anvisningar, men det kan inte uteslutas att denna avvikelser på gjutkanalerna kan innebära en felkälla som påverkat resultaten.

Vid urbränning av vax frångicks fabrikantens anvisningar om att ha kyvetten stående. Istället placerades varje kyvett liggandes i urbränningsugnen. Detta för att gaser och restmaterial enklare skulle brännas ur. Vaxet som användes i studien innehöll resinfillers, vilket tillsätts i de fräsbara diskarna för att öka styvheten i materialet. Vid vaxobjekt framfrästa ur filler-tillsatta diskor rekommenderas en långsam urbränning. I enlighet med pilotstudien, då det fungerade felfritt med snabburbränning, togs beslutet att göra alla urbränningar till studien med snabburbränning. Det kan dock inte uteslutas att ytan på normkronorna kan ha påverkats av eventuell kvarvarande gas eller förbränningsrester i inbäddningsmassan från det filler-tillsatta vaxet.

För att efterlikna produktionen på dentallaboratorium, där ersättningar i IPS e.max® Press utsätts för en till två bränningar med karaktäriserings- och/eller glansbränning, gjordes en värmebehandling för att simulera dessa moment (se brännschema *Bilaga 1*). Inget extra material applicerades dock på normkronorna. Bränningen med en maxtemperatur på 770° kan ha haft en dämpande effekt på inre spänningar i bulkmaterialet som bildas under pressning och löst upp vissa av dessa.

I en studie av Santos et. al.<sup>(16)</sup> jämförs sex stycken olika monokromatiska presspuckstypers böjhållfasthet. Där konstaterar författarna att det i deras studie inte finns någon signifikant skillnad mellan

pucktyperna. Deras metod skiljer sig från den som används i föreliggande studie, eftersom deras provkroppar är en bar om 25 mm × 5 mm × 2 mm som utsattes för ett trepunktsböjprov. Vidare utsatte inte Santos et. al. provkropparna för efterföljande värmebehandling. Högsta respektive lägsta medelvärdet hos dessa sex grupper var 392 MPa och 389 MPa, varav resterande resultat i studien hamnade inom detta spann.

I Altamimi et als.<sup>(29)</sup> studie genomgår tio molarutformade provkroppar i monokromatisk IPS e.max® Press ett hållfasthetstest. Metoden är till viss del lik den som används i föreliggande studie, med förbelastning följt av cementering på stans. I Altamimi et als. studie placerades en stålkula på 5 mm i fossan mot den mesiobuccala kusen, varpå provkropparna belastades till brott. Medelvärdet var 1360 N med en standardavvikelse på 77 N. Eftersom den exakta tjockleken på provkropparna inte framgår i studien, kan det inte uteslutas att det fanns mer gods, jämfört med normkronorna i föreliggande studier på grund av molarformutformningen. Vidare använde sig Altamimi et al. av ett stansmaterial i kobolt-krom (Wironium Plus), vilket kan vara en ytterligare anledning till de högre värdena eftersom metaller har andra mekaniska egenskaper och e-modul än stansmaterialet i föreliggande studie.

Ur miljösynpunkt är framställningsprocessen med presskeramer en teknik där åtgången av förbrukningsmaterial som inbäddningsmassa, engångskolvar, glaspolerpärlor och aluminiumoxid är stor i jämförelse vad man får ut. Kvar blir även en stor del överskott från de pressade puckarna, som är förbrukade och kasserade. Vidare är CAD/CAM-teknik en subtraktiv teknik som ger stort materialsvinn, eftersom det endast är en liten del av disken som egentligen går åt som urbränningsmaterial vid framställningen av förlagor till normkronorna. Studien genererade generellt stor materialåtgång, engångsspetsar och engångspenslar till cementeringen, likaså engångshandskar och andningsskydd. Vid hantering med syraetsning och flourvätesyra följdes de föreskrifter med att först sanera syran med neutraliseringspulver innan denna kunde sköljas ut i avloppet. Vidare utfördes testerna i studien med hänsyn till energiåtgång, vilket inkluderar drift av vakuumblandare, urbrännings- och pressugn samt övrig eldriven apparatur.

Studien öppnar upp för andra intressanta frågeställningar och vidare forskning. En sådan kan vara att undersöka de typer av frakturer som uppkom på provkropparna då skillnaderna var påtagliga mellan grupperna. Därtill undersöka om det adhesiva cementets bindning mellan stansmaterial skiljer sig beroende på val av presskeram, polykromatisk eller monokromatisk.

En större studie med flera grupper och flera olika sorters presspuckar hade täckt en större målbild. Puckarna i vardera grupp kom från samma *batch*. Här hade det varit intressant om testet utfördes med likadana puckar, men tagna ur olika *batches*. En *batch* kan ha varit felaktig och därmed inte levt upp till fabrikatets egentliga e-modul.

Eftersom värden som exempelvis temperatur, hålltid och vakuum i pressprogrammet för multipuckarna är företagshemligheter, kan de inte redovisas i studien. Detta öppnar upp för spekulationer, som eventuella skillnader mellan pressprogrammen för multipuckar och monokromatiska puckar. Frågan är huruvida nämnda skillnad kan ha påverkat kristalliseringen i materialet och därmed hållfastheten. Att resultaten i studien skiljer sig åt, kan bero på de två besläktade med dock olika framställningstekniker som är anpassade för respektive pucksort. Det hade varit intressant att jämföra brotthållfastheten i normkronor av multipuckar och monokromatiska puckar framställda med samma pressteknik, lämpligen den för multipuckar, också för att se om eventuella skillnader kan härledas dit.

Utöver olika pressprogram och presstekniker skiljer sig puckarnas storlek mellan monokromatiska och polykromatiska puckar. Monokromatiska puckar finns tillgängliga i två olika storlekar anpassade för vaxobjekt upp till 0,75 gram, respektive 1,7 gram vax varpå den mindre storleken som användes i studien. Till multi finns det en puckstorlek som är något större än den mindre monokromatiska

puckstorleken och är anpassad för en vaxmängd upp till 1 gram.

Eftersom tid, temperatur och tryck är faktorer som påverkar pressning<sup>(9)</sup> så kan volymen pressmaterial ha påverkat resultaten. En intressant fråga som kan ge uppslag till fortsatt forskning är om godsmängden som pressas in i kyvetten spelar stor roll för hållfastheten.

## **Slutsats**

Inom ramen för denna studies begränsningar kan följande slutsatser dras:

- Den monokromatiska litiumdisilikat-förstärkta glaskeramerna IPS e.max® Press LT A2 är ur hållfasthetssynpunkt starkare än de polykromatiska glaskeramerna IPS e.max® Press Multi A2 och B12.
- Hypotesen har bekräftas, men ytterligare studier inom ämnet behövs för att säkerställa resultaten.

## Referenser

1. O'Brien W J, Dental materials and their selection. Fourth edition, Hanover Park 2008, s 1.
2. Clausen JO, Abou Tara M, Kern M. Dynamic fatigue and fracture resistance of non-retentive all-ceramic full-coverage molar restorations. Influence of ceramic material and preparation design. Dent Mater. 2010 Jun;26(6):533-8.
3. Vult von Steyern P, Dentala keramer i kliniken: Var står vi i dag? København, Odontologi 2010 s 156.
4. Anusavice K, Shen C, Rawls H. Phillips' Science of Dental Materials. 12th ed. St.Louis: Elsevier Saunders; 2013, s 424.
5. Milleding P, Molin M, Karlsson S. Dentala helkeramer i teori och klinik. Stockholm: Gothia; 2005. s 7-8.
6. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. Aust Dent J. 2011 Jun;56 Suppl 1:84-96.
7. McLean JW. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. J Prosthet Dent. 2001 Jan;85(1):61-6. Review. Erratum in: J Prosthet Dent 2001 Apr;85(4):417.
8. Akesson J, Sundh A, Sjögren G. Fracture resistance of all-ceramic crowns placed on a preparation with a slice-formed finishing line. J Oral Rehabil. 2009 Jul;36(7):516-23.
9. Tysowsky GW. The science behind lithium disilicate: a metal-free alternative. Dent Today. 2009 Mar;28(3):112-3.
10. Wang F, Chai Z, Deng Z, Gao J, Wang H, Chen J. Correction: Effect of Heat-Pressing Temperature and Holding Time on the Microstructure and Flexural Strength of Lithium Disilicate Glass-Ceramics. PLoS One. 2015 Jun 12;10(6):e0130919.
11. Giordano RA 2nd, Pelletier L, Campbell S, Pober R. Flexural strength of an infused ceramic, glass ceramic, and feldspathic porcelain. J Prosthet Dent. 1995 May;73(5):411-8.
12. Denry I, Holloway A. Ceramics for Dental Applications: A Review. Materials. 2010; 3: 351-368.
13. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. Dent Mater. 2004 Jun;20(5):441-8.
14. Sjögren G, Lantto R, Granberg A, Sundström BO, Tillberg A. Clinical examination of leucite-reinforced glass-ceramic crowns (Empress) in general practice: a retrospective study. Int J Prosthodont. 1999 Mar-Apr;12(2):122-8.
15. Chu SJ. Current clinical strategies with lithium-disilicate restorations. Compend Contin Educ Dent. 2012 Jan;33(1):64, 66-7.
16. Santos MO, do Amaral FL, França FM, Basting RT. Influence of translucence/opacity and shade in the flexural strength of lithium disilicate ceramics. J Conserv Dent. 2015 Sep-Oct;18(5):394-8.

17. Stappert CF, Att W, Gerds T, Strub JR. Fracture resistance of different partial-coverage ceramic molar restorations: An in vitro investigation. *J Am Dent Assoc.* 2006 Apr;137(4):514-22

### **Dokument från fabrikant**

18. Ivoclar Vivadent. Scientific Documentation - IPS e.max® Press. 2011 Mars

19. Ivoclar Vivadent IPS e.max Press Monolithic Solutions Bruksanvisning 2015-02-09

20. Farah A. *Dental tribune Middle East & Africa Edition* 2015 March-April 1C-2C

### **Hemsida:**

21. <http://www.ivoclarvivadent.se/sv/2014/ips-emax-press-multi>

22. S. Huang, P.Cao, C. Wang, Z. Huang, and W. Gao, "Fabrication of a High-Strength Lithium disilicate Glass-Ceramic in a Complex Glass System", *J. Am. Ceram. Soc.*, vol. 1, Mar. 2013, pp. 46-52.

23. Pollington S. Novel glass-ceramics for dental restorations. *J Contemp Dent Pract.* 2011 Jan 1;12(1):60-7.

24. Culp L, McLaren EA. Lithium disilicate: the restorative material of multiple options. *Compend Contin Educ Dent.* 2010 Nov-Dec;31(9):716-20, 722, 724-5

25. Qin Y, Wang B, Yang JF, Zhao T. Improved densification and properties of pressureless-sintered lithium disilicate glass-ceramics. *Materials Science and Engineering: A*, Volume 620, 3 January 2015, Pages 399-406.

26. Mahmood DJ. On core and bi-layered all-ceramic fixed dental prostheses, design and mechanical properties : studies on stabilized zirconiumdioxide. Doctoral Thesis. 2015

27. Nordahl N, Vult von Steyern P, Larsson C. Fracture strength of ceramic monolithic crown systems of different thickness. *J Oral Sci.* 2015 Sep;57(3):255-61.

28. Fonseca RB, Haiter-Neto F, Carlo HL, Soares CJ, Sinhoreti MA, Puppim-Rontani RM, Correr-Sobrinho L. Radiodensity and hardness of enamel and dentin of human and bovine teeth, varying bovine teeth age. *Arch Oral Biol.* 2008 Nov;53(11):1023-9.

29. Altamimi AM, Tripodakis AP, Eliades G, Hirayama H. Comparison of fracture resistance and fracture characterization of bilayered zirconia/fluorapatite and monolithic lithium disilicate all ceramic crowns. *Int J Esthet Dent.* 2014 Spring;9(1):98-110.

## Slutord

Ett stort tack till:

- Zdravko Bahat för handledning.
- Evaggelia Papia för hjälp med maskinpark, cementering och statistik analys.
- Pelle von Wowern, Christer Harding, Stefan Adolfsson och Robert Forsberg på Ivoclar Vivadent för sponsring av material, råd och hjälp.
- Jan och Maryam Tirehkar på Svedala Dentalteknik för hjälp med CAD, sponsring av material och fräsning.
- Åsa Nilsson Skåve för korrekturläsning och Peggy Oscarsson för hjälp med abstract.
- Pierre Engström för objektiv granskning.
- Eva och Pella för evigt stöd och uppmuntran.
- Kurskamraterna samt den övriga personalen på tandteknikerutbildningen.

# Materiallista

Nr.	Material/apparatur	Produktnamn	Tillverkare	Tillverkningsland	Lot/Ref/serienr.
a	Presspuckar	IPS e.max® Press Multi A2	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	Lot: T16032
b	Presspuckar	IPS e.max® Press Multi B12	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	Lot: T11870
c	Presspuckar	IPS e.max® Press LT A2	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	Lot: U19545
d	Ljushärdande 3D-material	E-Denstone	Envision TEC	Belgien	Lot: 100515
e	CAD-program	Dental System 2013 -Premium	3Shape	USA	-
f	3D-utskriftsprogram	CAMbridge 2015 Version 2015/1	3Shape	USA	Dongelnr: 2534085387
g	3D-printer	Desktop DDP DI.M.O.F.U.S 180	Envision TEC	Tyskland	S/N: ET.DP.-15.09.S087
h	Isopropanol	IpaClean IPA-1000	Luxorparts	Sverige	Lot: 536520
i	Ultraljudsbad	BioSonic® UC100XD	Colténe Whaledent®	USA	S/N: 06036376
j	Värmeskåp	Memmert V26	Memmert	Tyskland	S/N: 170054
k	Ljushärdningsapparat	Otoflash G171	Envision TEC	Tyskland	S/N: 2197
l	Precisionssåg	IsoMet® Low Speed Saw Model No:11-1280-250	Buehler	Kina	Serienr: 641-ISF-5182
m	Sandpapper	Buehler-Met II	Buehler	-	-
n	Skjutmått	СДЕПАНО В	-	СССР	S/N: 2567804
o	CAD-program	Dental System 2014 -Premium	3Shape	USA	-
p	Vaxdisk	Wax blank OD 98x14mm Blue	Bloomden	Kina	Lot: 0141118
q	Fräsmaskin	KaVo Everest	KaVo Dental GmbH	Tyskland	-
r	Mjukvara till fräs	KaVo Everest Engine Control V8.2.9.7	KaVo Dental GmbH	Tyskland	-
s	Elektrisk Vaxkniv	Ultra Waxer™	KerrLab	USA	S/N: 310722
t	Skallpell	871A/3	Carl Martin GmbH	Tyskland	Lot: 13AB

<b>u</b>	Metallfräs (Päronboll)	Hartmetall-Fräser TC-Cutter	Edenta	Schweiz	-
<b>v</b>	Muffelbas Multi	IPS Multi Invest- ment Ring Base 200 g	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	-
<b>x</b>	Muffelbas	IPS Investment Ring Base 200 g	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	-
<b>y</b>	IPS Multi Sprue Guide	IPS Multi Sprue Guide 200 g	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	-
<b>z</b>	IPS Sprue Guide	IPS Sprue Guide 200 g	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	-
<b>aa</b>	Modelleringsvax	IQ Compact Ash- free	Yeti Dental	Tyskland	Lot: 60330615
<b>bb</b>	Vaxtråd	Deton $\varnothing$ 3,0 mm Art. 742-3000	Yeti Dental	Tyskland	Lot: 32920909
<b>cc</b>	Inbäddningsmassa	IPS® PressVest Speed	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	Lot: TL 3005
<b>dd</b>	Inbäddningsmassa	IPS® PressVest Speed	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	Lot: UL1607
<b>ee</b>	Inbäddningsmassa vätska	IPS® PressVest Speed Liquid 0,5 l	Ivoclar Vivadent	Tyskland	Lot: UL1631
<b>ff</b>	Vakuumblandare	Multivac Compact	Degussa Dental	Tyskland	-
<b>gg</b>	Kyvettsystem 200g	IPS e.max® Invest- ment ring system	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	-
<b>hh</b>	Vibratorbord	KV-36	Wassermann Dental	Tyskland	S/N: 126799
<b>ii</b>	Urbränningsugn	P 330	Nabertherm	Tyskland	S/N: 187895
<b>jj</b>	Kalibreringsverktyg	AutoTemp. check- ing set 2	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	Ref 598833
<b>kk</b>	Pressugn	Programat EP 5000/G2	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	S/N: 825090
<b>ll</b>	Presskolv	IPS e.max® Alox Plunger	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	-
<b>mm</b>	Engångskolv	One Way Plunger	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	-
<b>nn</b>	Separeringsdisk	Plastercut +j0093314500/\$z	Renfert	Tyskland	Ref: 33145
<b>oo</b>	Glaspolerpärlor	Rolloblast No. 15941305	Renfert	Tyskland	Lot: 0141
<b>pp</b>	Diamanttrissa	Diamond disk	Edenta	Schweiz	Lot: 355.514.160HP

<b>qq</b>	Heatless	Heatless Wheels Size No 5 Regular	Mizzy	USA	Lot: 6130500
<b>rr</b>	Keramiskt bunden sten	Silicon carbide 652	Jota	Schweiz	Lot: 25045
<b>ss</b>	Handstycke	KaVo EWL	KaVo Dental GmbH	Tyskland	S/N: 018410
<b>tt</b>	Invexväska	PS e.max Press In- vex liquid	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	-
<b>uu</b>	Blästermaskin	Basic Quattro IS	Renfert	Tyskland	S/N: D01405
<b>vv</b>	Aluminiumoxid	Cobra Aluoxyd 125 um	Renfert	Tyskland	Lot: 1586040
<b>ww</b>	Brännbord	Ceramic Firing Tray	BK-Medent	Korea	-
<b>xx</b>	Termocykler	THE-1100	SD Mechatronik	Tyskland	S/N: 290512-T- 270
<b>yy</b>	Fluorvätesyra	IPS Ceramic Etching Gel	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	Lot: U06618
<b>zz</b>	Neutraliseringspulver	IPS Neutralizing Powder	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	Lot: T49761
<b>aaa</b>	Universalprimer	Monobond Plus	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	Lot: U36402
<b>bbb</b>	Kompositcement	Multilink Hybrid Abutment HO 0	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	Lot: U39558
<b>ccc</b>	Specialtillverkat verk- tyg	Pressverktyg till ce- mentering	-	-	-
<b>ddd</b>	Lab-Putty	Lab-Putty	Coltene	Schweiz	Lot: G7 1962
<b>eee</b>	Lab-Putty	Lab-Putty Hardener	Coltene	Schweiz	Lot: G64259
<b>fff</b>	Glyceringel	Liquid Strip	Ivoclar Vivadent	Liechtenstein	Lot: T05631
<b>ggg</b>	Förlastningsmaskin	MTI Engineering AB	Pamaco AB	Sverige	-
<b>hhh</b>	Plastfilm	Poly -Folders 0.18 mm A4	-	-	Lot: 23888
<b>iii</b>	Universaltestmaskin	Instron 4465	Instron Corporation	USA	S/N: 4465H2276
<b>jjj</b>	Engångspetsar	Mixing Tips	Ivoclar Vivadent	Schweiz	Lot: N62468
<b>kkk</b>	Engångspetsar	Mixing Tips	Ivoclar Vivadent	Schweiz	Lot: U15584
<b>lll</b>	Engångspetsar	Mixing Tips	Ivoclar Vivadent	Schweiz	Lot: N49207
<b>mmm</b>	Statistikprogram	IBM SPSS Statistics Version 23	IBM Corporation	USA	-

## Bilaga 1.

Tabell 4. Presschema

Program	Stand-by temperatur (B)	Temperatur höjning (t ↗)	Hålltemperatur (T)	Hålltid (H)	Vakuumpå (V1)	Vakuum av (V2)
E.max press LT	700° C	60° C	930° C	25 min	500° C	930° C

Tabell 5. Brännschema

Program	Stand-by temperatur (B)	Stängningstid (S)	Uppvärmningshastighet (t ↗)	Bränntemperatur (T)	Hålltid (H)	Vakuumpå (V1)	Vakuum av (V2)
Glaze-bränning	403° C	6:00 min	60° C / min	770° C	1:30 min	450° C	769° C

## Bilaga 2.

**Tabell 6:** Brotthållfasthetsvärden i Newton för samtliga enskilda provkroppar

	<b>Multi A</b>	<b>Multi B</b>	<b>Mono C</b>
<b>1</b>	1025	900,1	1041
<b>2</b>	884,6	1008	1156
<b>3</b>	953,7	1001	1165
<b>4</b>	896,9	904,7	1150
<b>5</b>	561,4	1011	1058
<b>6</b>	821,2	1156	1076
<b>7</b>	981,2	1040	1101
<b>8</b>	910,1	911,4	1059
<b>9</b>	826,1	962,4	1117
<b>10</b>	803,8	979,9	1162



Malmö högskola  
Odontologiska fakulteten  
Maj 2016