

HOVEDBUDSKAP

- Indirekte restaureringer som er godt festet til pilar og har tilfredsstillende estetikk anses for å være klinisk suksessfulle
- Resinbaserte sementer brukes ofte ved sementering av indirekte restaureringer
- Sementene har flere viktige roller som påvirker klinisk suksess
- Egenskaper ved sementen påvirker dens evne til å fylle alle disse rollene

FORFATTERE

Mina Aker Sagen, ph.d., spesialist i oral protetik, forsker ved NIOM – Nordisk Institutt for Odontologiske Materialer
Bjørn Einar Dahl, ph.d., spesialist i oral protetik, førsteamanuensis. Avdeling for protetik og bittfunksjon, Institutt for klinisk odontologi, Universitetet i Oslo

Korresponderende forfatter: Mina Aker Sagen; e-post: m.a.sagen@niom.no;
Adresse: NIOM, Sognsveien 70 A, 0855 Oslo

Akseptert for publisering 02.06.2022

Artikkelen er fagfelleurdert.

Sagen MA, Dahl BE. Resinbaserte sementer – egenskaper som påvirker klinisk suksess av indirekte restaureringer. *Nor Tannlegeforen Tid.* 2022; 132: 716-22.

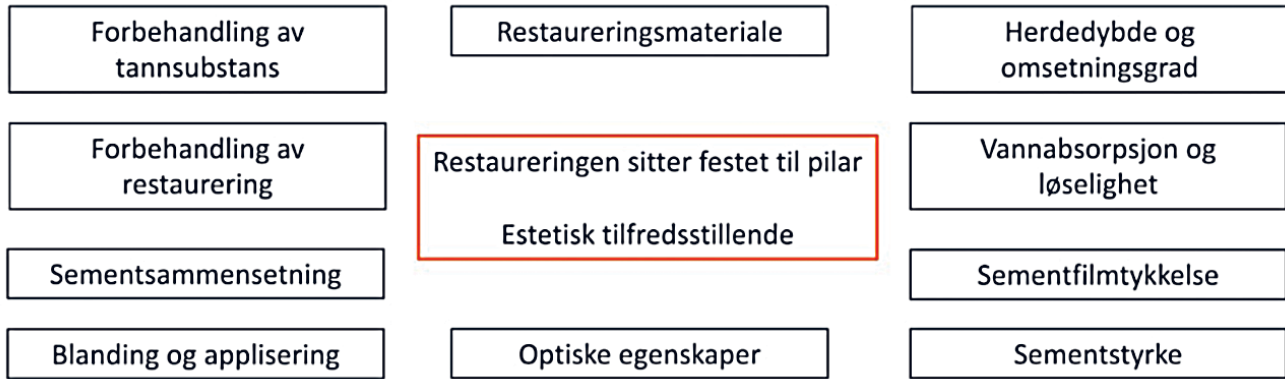
Norsk MeSH: Odontologiske materialer; Protetik; Dentale sementer; Polymerer

Resinbaserte sementer – egenskaper som påvirker klinisk suksess av indirekte restaureringer

Mina Aker Sagen og Bjørn Einar Dahl

Mange klinikere sverger til polymerbaserte, eller oftere kalt resinbaserte, sementer når indirekte restaureringer skal sementeres, særlig når restaureringene er fremstilt i helkeramiske materialer.

Sementen har flere viktige roller, blant annet å sørge for at restaureringen ikke løsner og å bidra til et estetisk godt sluttresultat for helkeramiske restaureringer. En rekke egenskaper ved sementen påvirker dens evne til å fylle sine roller. Denne artikkelen tar for seg hvordan de ulike egenskapene ved resinbaserte sementer påvirker det kliniske resultatet til sementerte indirekte restaureringer.

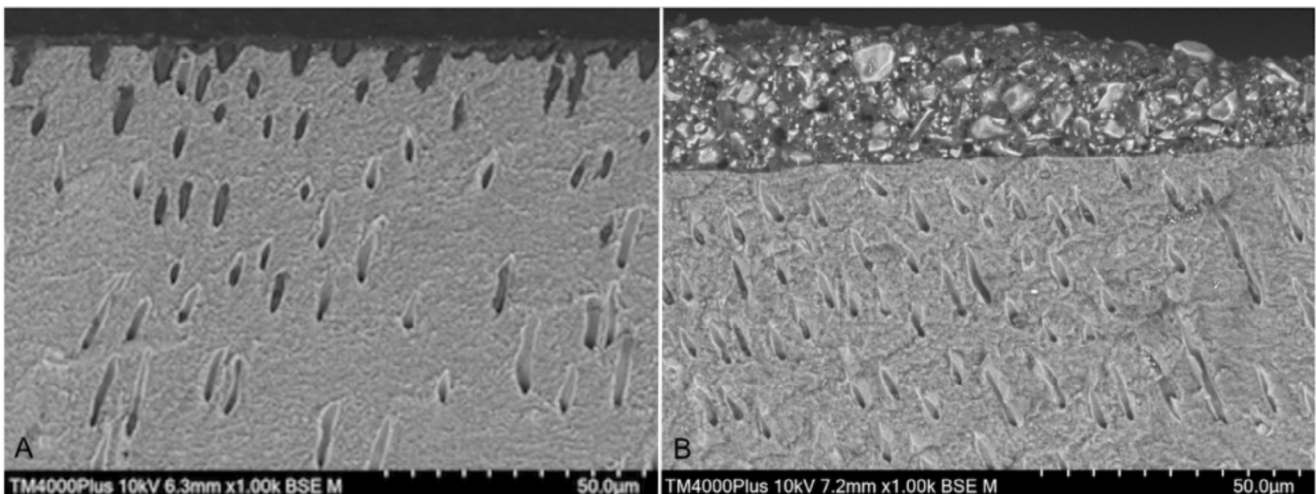


Figur 1. Figuren viser en oppsummering av egenskaper ved sementen som påvirker klinisk suksess av indirekte restaureringer. Klinisk suksess er her definert som at restaureringen sitter godt festet til pilar og har tilfredsstillende estetikk.

Ved behandling med indirekte restaureringer ønsker vi å oppnå restaureringer som er godt festet til pilar og har tilfredsstillende estetikk. Dette betegnes, i et protetisk perspektiv, for klinisk suksess. Sementen som benyttes skal bl.a. fylle og forsegle spalten mellom restaurering og tann, hindre løsnings av restaureringen, overføre tyggebeklastning til tannsubstans samt sørge for et estetisk godt sluttresultat gjennom tilpasset farge og translusens (1, 2). Figur 1 viser en oversikt over viktige egenskaper for at sementen skal kunne fylle alle disse rollene. Flere av egenskapene er relatert til hverandre og vil samlet påvirke sluttresultatet til restaureringen. I tillegg er forbehandling av tannsubstans og de ulike restaureringsmaterialenes sementeringsflate også viktig for klinisk suksess. Denne artikkelen gir en oversikt over de ulike egenskapene som er nødvendig å ha en forståelse for når man skal velge sement til indirekte restaureringer.

Forbehandling av tannsubstans

De fleste resinbaserte sementer kommer med en anbefaling om forbehandling av tannsubstans. Forbehandlingen tilrettelegger for både mikromekanisk retensjon og kjemisk interaksjon med sementen (figur 2). Lenge var trestegs ets-og-skyll-metoden ansett som gullstandard for å oppnå høy bindingsstyrke til emalje og dentin, men i de senere år har mindre tidkrevende og enklere metoder vist seg å prestere vel så godt (3). Også sementer som ikke krever forbehandling av tannsubstans, såkalt selvadhererende sementer, har opparbeidet seg stor klinisk popularitet. Til tross for at interaksjonen med tannsubstans er overfladisk (figur 2b), har bindingsstyrken for disse sementene vist seg å være god (3), men ikke på nivå med sementene som inkluderer forbehandlingsmetoder (4). Når disse sementene benyttes, vil makroretentive egenskaper i pilaren



Figur 2. Scanning elektronmikroskop-bildet til venstre (A) viser dentintubuli infiltrert med adhesiv etter 2-steps ets-og-skyll-metode. Bildet til høyre (B) viser interaksjon mellom dentin og selv-adhererende sement, med tilsynelatende fravær av åpne dentintubuli.

være nødvendig. Med dette menes god retensjons- og motstandsform for å hindre løsning av restaureringen (5).

Dersom man planlegger sementering med resinbasert sement, bør eugenol-holdig midlertidig sement unngås. Dette fordi eugenol kan påvirke herdingen av både det adhesive systemet og selve sementen. I de tilfeller hvor eugenol-holdig midlertidig sement er benyttet, må pilaren rengjøres grundig før sementering av permanent restaurering for å hindre løsning (1).

Forbehandling av restaureringen

Forbehandling av restaureringen er i de fleste tilfeller også nødvendig for høyest mulig bindingsstyrke for resinbaserte sementer. Behandlingen tar sikte på å øke restaureringens ruhet og skape forutsetninger for kjemisk interaksjon med sementen. Hvilken metode som velges avhenger av hvilken type restaureringsmateriale som skal sementeres (6).

For feltspatporselen og glass-keram er etsing med flussyre (hydrogenfluorid, HF) en grunnleggende overflatebehandling som utføres av tanntekniker rett før restaureringen leveres til tannlege. Flussyren løser selektivt opp glasskrystallene i overflaten på keramet og øker på den måten ruheten. I tillegg legges det til rette for god utflytning av primer gjennom en økning i overflateenergi etter etsing (7). En- eller tokomponent silanprimer påføres etter klinisk innprøving og påfølgende rengjøring av restaureringen med fosforsyre eller egnet rengjøringsvæske (for eksempel Ivoclean™, Ivoclar Vivadent eller ZirClean™, BISCO) (6, 8). Silanet danner kjemiske bindinger med både keramoverflaten og sementen under herding, og sørger for god bindingsstyrke for restaureringen (1).

For restaureringer i oksidkeram, i hovedsak zirkonia, er sandblåsing av sementeringsflaten hyppig brukt ved tanntekniske laboratorier for å øke ruheten og fasilitere mikromekanisk retensjon (9). Etter klinisk innprøving og rengjøring av restaureringen med alkohol eller egnet rengjøringsvæske (for eksempel Ivoclean™, Ivoclar Vivadent eller ZirClean™, BISCO) (10), anbefaler mange sementprodusenter å påføre en monomerholdig primer for kjemisk binding mellom restaureringen og den resinbaserte sementen (11, 12). Selektive zirkoniaprimere og universale primere for flere typer keram inneholder ofte den adhesive monomeren 10-MDP, som de siste tiårene har opparbeidet seg god dokumentasjon på høy bindingsstyrke (9).

Metallkeram benyttes fortsatt til indirekte restaureringer, særlig når det fremstilles større konstruksjoner. Sementeringsflaten sandblåses ved tannteknisk laboratorium for rengjøring og økt ruhet, mens applisering av metallprimer eller keramprimer før sementering gir en kjemisk interaksjon mellom metallet og sementen (13).

Sementsammensetning

Resinbaserte sementer er komposittmaterialer som i hovedsak består av en organisk resinmatriks og fyllpartikler. I tillegg sørger diverse tilsetningsstoffer blant annet for initiering av herding, røntgenkontrast og farge (14). Sammensetningen er lik som for kompositt til indirekte restaureringer, men med tilpasset viskositet, fyllpartikkelinnhold og herdeinitiatorer for egnede håndteringsegenskaper og et tynt sementlag (1).

Den organiske resinmatriksen består av monomerer som polymeriserer under herding og sørger for kohesjon av sementen. I tillegg er monomerene nødvendige for binding til både tannsubstans og restaurering. Ulempen med monomerene er at de under polymerisering fører til krymping og stressutvikling i sementen, noe som potensielt kan gi opphav til spaltedannelse marginalt (15). Videre kan spalter være grunnlag for patologiutvikling, slik som karies, pulpale reaksjoner og marginal periodontitt.

Fyllpartikler i sementen kommer i ulike størrelser, form og sammensetning, og har en viktig rolle i å redusere krymping og å gi sementen styrke. Et høyere innhold av fyllpartikler er assosiert med mindre krymping og høyere styrke. Men, et høyt fyllpartikkelinnhold øker også sementens viskositet og reduserer dens evne til å flyte utover og inn i ujevnheter på overflaten, noe som kan svekke den mikromekaniske retensjonen (16).

Overflaten på fyllpartiklene er dekket med koblingsstoffer i silan. Disse sørger for at sementen har god kohesjon gjennom å danne binding til partiklene på den ene siden og matriksen på den andre (14).

Hvilken sammensetning av sementen som er ønskelig i hvert enkelt klinisk tilfelle, avhenger av design på preparering og type restaureringsmateriale. Ved sementering av fullkroner i oksidkeram til en preparering med tilfredsstillende retensjon, kan de fleste sementer benyttes (17). Lavere fyllpartikkelinnhold, og dermed lavere viskositet på sementen, er nødvendig i tilfeller hvor prepareringen har liten konvergensvinkel, slik at sementen evakueres under sementeringsbelastning og restaureringen kommer helt på plass. Ved sementering av skallfasetter i feltspatporselen eller glasskeram til en nærmest ikke-retinerende preparering, må viskositeten være slik at sementen flyter godt ut og kan etablere mikromekanisk retensjon i tillegg til den kjemiske. I tillegg vil god utflytning av sementen sikre et tynt sementlag og styrke til restaureringen (18). Lav viskositet er også nødvendig der overflatene som skal sementeres er ru og ikke er forbehandlet med en adhesiv som flyter ut og fyller ujevnheter (16).

Ut fra et belastningsperspektiv er det ønskelig med et høyt fyllpartikkelinnhold, men dette må igjen veies opp mot viskositeten på sementen.

Blandemetode

Resinbaserte sementer med forskjellige blandemetoder er tilgjengelige på markedet (figur 3). Den enkleste metoden er såkalt auto-miks, hvor katalysator og base blandes i korrekt ratio i en tilpasset blandespiss, og sementen appliseres direkte på restaureringens sementeringsflate. En annen relativt enkel blande- og appliseringsmetode er sement i kapsel. Kapselen aktiveres og ristes i en mikser i angitt tid, monteres deretter i applikator og sementen påføres direkte på sementeringsflaten. Ved håndblandet sement er sannsynligheten for en ikke-homogen blanding større enn ved de to andre metodene. I tillegg er det en mulighet for at basekatalysatorratio bli suboptimalt. Resultatet kan være at de mekaniske egenskapene, som for eksempel frakturstyrke, blir redusert sammenlignet med en homogen sement. Videre kan dette ha betydning for hvor stor trykbelastning restaureringen tåler (19).

Herdedybde og omsetningsgrad

Dagens resinbaserte sementer finnes i tre ulike polymeriserings- eller herdemodus: kjemisk herdende, lysherdende og kombinert kjemisk og lysherdende i såkalt dualherdende sement.

Når man snakker om herding av resinbaserte sementer er herdedybde og omsetningsgrad sentrale begreper. Det første begrepet, herdedybde, forteller om til hvilken dybde i materialet lyset trenger og gir en tilstrekkelig herding av lys- og dualherdende sementer (20). Herdedybde gir oss en indikasjon på hvilken tykkelse sementlaget bør begrenses til for å oppnå gode mekaniske egenskaper og redusere monomerlekkasje. En studie av Kopperud og kollegaer (21) fant en tydelig korrelasjon mellom herdedybde og restmonomerinnhold. De understreker at ved å øke herdetiden vil man i hovedsak øke herdedybde.

Sementens omsetningsgrad er et mål på hvor stor andel av monomere som har dannet lengre polymerkjeder. Omsetningsgraden vil aldri være 100 % fordi monomere i senere stadier av herdingen ikke når frem til de aktive setene hvor polymerdannelsen foregår (22). Ved dualherdende sementer vil omsetningsgraden være høyere ved bruk av begge herdemetoder enn om lysherdning ikke benyttes. En forskjell i omsetningsgrad på opptil 35 % er rapportert ved bruk av kun kjemisk herdende (50-73 % omsetningsgrad) sammenlignet med både kjemisk og lysherdende metoder (67-85 % omsetningsgrad) for disse sementene (1). God herding av sementen, både i dybde og omsetningsgrad, er nødvendig for å oppnå optimale egenskaper i styrke, hardhet, vannabsorpsjon, løselighet og fargestabilitet. Egenskaper ved restaureringen som tykkelse, translusens og farge, egenskaper ved sementen som herdemodus, tykkelse, monomersammensetning, partikkelinnhold og farge, og egenskaper ved lyskilden, som



Figur 3. Bildet viser ulike blandemetoder for resinbaserte sementer som er tilgjengelig på markedet. Øverst sees en sement med auto-mix blandespiss, i midten er en ristet kapsel montert i applikator, mens nederst er lik mengde katalysator og base for en håndblandet sement applisert på en blandeblokk. Foto: Sjur Martin Kleppan, UiO.

lysintensitet, varighet og avstand til sementen, vil alle påvirke herdedybde og omsetningsgrad (2, 21, 22).

For å oppnå tilstrekkelig herding av sementen er det nødvendig å følge produsentens anbefalinger når det gjelder herdetid og intensitet. Jevnlige kontroller av herdelampen er nødvendig for å sikre at den yter oppgitt lysintensitet (20, 23). I tillegg må restaureringens egenskaper, som farge, translusens og tykkelse, tas med i beslutningen når man skal velge hvilken type sement og type herdemetode denne bør ha.

Sementlagtykkelse

Sementlaget mellom restaurering og tann bør være tynt for høyest mulig frakturstyrke og bindingsstyrke av restaureringen (18). Et tynt sementlag vil i tillegg redusere marginal diskrepans som videre gir mindre plakkakkumulering, utvasking av sement og risiko for påfølgende sekundærkaries (2). Mindre krymping ved herding er også tilfelle med et tynt sementlag sammenlignet med et tykkere. Hva som defineres som et tynt sementlag, og som er viktig for optimale sementegenskaper, er det derimot ikke enighet om. Ifølge ISO (International Organization for Standardization) bør sementlaget ikke overstige 50 mikrometer (24). Dette er imidlertid standardisering for laboratorietesting, og reflekterer i begrenset grad en klinisk situasjon fordi flatene som sementeres til hverandre er glatte og sementeringsbelastningen er høy. Et sementlag som ikke overstiger 100 mikrometer har blitt anbefalt av flere forskningsgrupper for å oppnå høyest mulig fraktur- og bindingsstyrke (18, 25-27).

Sementlagets tykkelse påvirkes av flere faktorer. Et høyt innhold av fyllpartikler gir et tykkere sementlag, både på grunn av høy viskositet som gir mindre utflytning av sementen, men også fordi fyllpartiklene i seg selv opptar et høyere volum i sementen. En større ruhet på flatene som skal sementeres kan gi et tykkere sementlag fordi det er vanskeligere for sementen å trenge inn i ujevnhetene og den mikromekaniske retensjonen blir lav (16).

Ved sementering appliserer klinikere ulik belastning på restaureringen avhengig av preparering, type restaurering og sement, og selvfølgelig individuell erfaring. Dette gir ulik tykkelse på sementlaget.

Dagens design og produksjon av helkeramiske restaureringer foregår i hovedsak ved hjelp av CAD/CAM-teknikk. Dimensjonen på spalten mellom restaurering og tann defineres før produksjonen, og angir dermed tykkelsen på sementlaget. Det har likevel vist seg at sementspaltens dimensjon er vesentlig tykkere enn disse innstillingene (28) og bør derfor bare tolkes som et anslag. De tidligere nevnte faktorene som påvirker sementlagtykkelsen er derfor viktige.

Vannabsorpsjon og lekkasje

Etter herding har sementen potensiale for å absorbere vann, hvilket er en egenskap relatert til uherdede resinmonomerer i matriksen (29). Vannopptak i sementen reduserer både bindingsstyrke og frakturstyrke slik at restaureringens retensjon svekkes og toleransen for tyggeb belastning blir lavere. Etter vannopptak kan sementen i tillegg degraderes og lekke monomerer ut i munnhulen. Dette kan potensielt føre til skadelige bivirkninger hos pasientene, som for eksempel allergisk reaksjon (1, 2, 29).

For å unngå vannabsorpsjon og utlekk fra sementen, må det sørges for tilstrekkelig herding (22). I tillegg til at produsentenes anbefaling for herdetid og intensitet må følges, vil valg av rett sement for rett type restaurering påvirke herdedybde og omsetningsgrad. Eksempelvis bør en dualherdende sement velges ved tilfeller med tykk eller opak restaurering som hindrer lyspenetrering til sementen (2). Ved bruk av dualherdende sement vil initial lysherding sørge for en marginal forsegling og beskyttelse mot vannabsorpsjon, mens kjemisk herdende modus vil føre til en dypere herding. Å holde sementlaget tynt er også en fordel med tanke på å redusere vannabsorpsjonen. Et tykt sementlag har potensiale for å bli utilstrekkelig herdet og dermed kunne absorbere mer vann og gi større utlekk (2, 21).

Sementstyrke

Sementens kompresjons- og bøyestyrke har betydning for restaureringens evne til å motstå tyggeb belastning etter sementering. Mengde, størrelse og sammensetning av fyllpartikler påvirker sementstyrken, med et høyt innhold av blandede partikler forbundet med

økt styrke (29). Ved sementering av tynne helkeramiske restaureringer med lav styrke, slik som feltspatporselen og glasskeram, er sementstyrke av større betydning enn ved tykkere restaureringer og bruk av høystyrkematerialer (17). Et høyt fyllpartikkelinnhold må alltid veies mot økt viskositet av sementen, og for en god mikromekanisk retensjon bør ikke viskositeten være for høy (16).

Tilstrekkelig herdet sement, både i dybde og omsetningsgrad, er nødvendig for at sementen skal få optimal styrke, og igjen må man etterstrebe valg av rett sement for rett restaureringsmateriale med tanke på sementens herdemodus, og tykkelse og opasitet på restaureringen. En godt herdet sement har i tillegg lavere vannopptak og beholder sine egenskaper bedre over tid.

Optiske egenskaper

Sementen har evne til å påvirke det estetiske sluttresultatet til tynne restaureringer i et translucent materiale gjennom sine optiske egenskaper (30).

Ulike tilsatte fargede pigmenter reflekterer eller absorberer lysbølger med forskjellige lengder, og sementene kan derfor komme i et utvalg farger. Sementfargen vil videre påvirke restaureringsfargen etter sementering (31, 32). Fargen på sementen er likevel ikke bare et resultat av tilsatte pigmenter. Translusens og opasitet i sementen påvirker også dens farge (figur 4) (32).

Et translucent materiale slipper noen lysbølger gjennom og sprer andre (32). Translusens påvirkes av sammensetningen av partikler med forskjellig brytningsindeks som sprer lysbølger ulikt. Et høyt partikkelinnhold gir lavere translusens på grunn av større spredning av lysbølgene. Nanopartikler har en størrelse som er mindre enn lysbølgene og vil ikke kunne spre lyset, men slippe de igjennom og gi inntrykk av høy translusens (14).

Translusens må skilles fra transparens, som innebærer passasje av lysbølger gjennom materialet uten spredning, som ved et vindu. I slike tilfeller består materialet av partikler med lik brytningsindeks.

Et opakt utseende gis ved at lysbølger absorberes eller reflekteres og dermed hindres i å passere gjennom materialet (32). Når et ma-



Figur 4. De tre resinbaserte sementene på bildet har ulik farge, hvilket i tillegg til grad av translusens og opasitet, vil påvirke det estetiske sluttresultatet til tynne helkeramiske restaureringer. Foto: Sjur Martin Kleppan, UiO.

teriale fremstår som opakt hvitt er dette fordi alle bølgene i hvitt lys reflekteres tilbake. I resinbaserte sementer er det fyllpartiklene og pigmentene som bidrar til et opakt utseende, hvilket er nyttig når misfarging i underliggende tannsubstans skal maskeres.

Betydningen av sementens farge, translusens og opasitet er størst ved sementering av anteriore restaureringer. Faktorer som bestemmer hvilke optiske egenskaper sementen bør ha er blant annet restaureringens farge og translusens (30). I tillegg er restaureringens tykkelse avgjørende for hvor viktig sementens optiske egenskaper er. Ved restaureringer tykkere enn 1,5 mm synes sementegenskapene å ha mindre betydning (30, 33). Sement med høyere translucens enn restaureringen vil i liten grad påvirke slutfargen, mens en sement med høyere opasitet enn restaureringen endrer fargen i større eller mindre grad (30). Med tanke på sementtykkelsen er det noe begrenset hva man kan oppnå med sementen ved et eventuelt behov for å maskere en misfarget pilar. Sementlagets tykkelse påvirker hvordan vi opplever dens optiske egenskaper, hvor et tykkere sementlag oppleves mindre translusent, mens et tynt sementlag følgelig har redusert evne til å maskere misfarging.

Andre faktorer ved sementen som kan påvirke det estetiske sluttresultatet er herdemodus ved sementen. Dual- og kjemisk herdede sementer har vist seg å være mindre fargestabile over tid enn de lysherdende sementene. Dette skyldes at tertiære aminer, som er nødvendig for herding av de førstnevnte sementene, kan gi misfarge over tid (2).

I sementer hvor herdedybde og omsetningsgrad ikke er optimale, kan slutfargen påvirkes av ikke-polymeriserte monomerer som absorberer lysbølger annerledes enn polymerer (34). I tillegg har

utilstrekkelig herdede sementer et større vannopptak som gir fargeforandring over tid (2).

Prøvesement ('try-in cement') for bestemmelse av de beste optiske egenskapene ved den permanente sementen, er tilgjengelig fra noen produsenter. Disse produktene er tilsynelatende nyttige for å komme helt i mål med det estetiske sluttresultatet, men fargediskrepans mellom prøvesementen og herdet permanent sement gjør at verdien av slike produkter er noe begrenset (34).

Alle de nevnte egenskapene (figur 1) ved resin-baserte sementer er viktige for klinisk suksess med indirekte restaureringer, nemlig det at restaureringen sitter festet til pilar og at det estetiske sluttresultatet er tilfredsstillende. De aller viktigste egenskapene kan likevel synes å være forbehandling av tannsubstans og restaurering samt sementfilmtykkelse.

Trestegs ets-og-skyll-metoden har fortsatt stor popularitet på grunn av omfattende dokumentasjon på god binding mellom tannsubstans og sement, men enklere metoder kan også gi tilfredsstillende resultat. Overflatebehandling av restaureringens sementeringsflate avhenger av materialtype, men hovedtrekkene er at feltspatporselen og glasskeram flussyre-etses og silaniseres, mens oksidkeram og metallkeram sandblåses. I tillegg anbefales diverse 'primere' av ulike sementprodusenter. Foruten forbehandlingen av overflatene, er filmtykkelsen en viktig egenskap ved sementen på grunn av dens påvirkning på øvrige egenskaper som herdedybde, omsetningsgrad, vannabsorpsjon, styrke og optiske egenskaper.

Takk

Stor takk til førsteamanuensis Hans Jacob Rønold for korrekturlesing.

REFERANSER

1. Braga RR, Mitra SB. Materials for Adhesion and Luting. In: Sakaguchi R, Ferracane J, Powers J, editors. *Craig's Restorative Dental Materials*. St. Louis, Missouri: ELSEVIER, 2019: 280-94.
2. Sunico-Segarra, Segarra. Resin Cements: Factors Affecting Clinical Performance. In: Sunico-Segarra, Segarra, editors. *A Practical Clinical Guide to Resin Cements*. Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag, 2015: 9-19.
3. Sagen MA, Kvam K, Ruyter EI, et al. Debonding mechanism of zirconia and lithium disilicate resin cemented to dentin. *Acta Biomater Odontol Scand*. 2019; 5: 22-9.
4. Miotti LL, Follak AC, Montagner AF, et al. Is Conventional Resin Cement Adhesive Performance to Dentin Better Than Self-adhesive? A Systematic Review and Meta-Analysis of Laboratory Studies. *Oper Dent* 2020; 45: 484-95.
5. Øilo M. Kroneprepareringer og retensjonselementer. *Nor Tannlegeforen Tid*. 2010; 120: 754-61.
6. Schriwer C, Rønold HJ. Sementeringsprosedyrer for permanente indirekte restaureringer. *Nor Tannlegeforen Tid*. 2021; 131: 586-96.
7. Tian T, Tsoi JK, Matinlinna JP, et al. Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. *Dent Mater*. 2014; 30: e147-62.
8. Marfenko S, Ozcan M, Attin T, et al. Treatment of surface contamination of lithium disilicate ceramic before adhesive luting. *Am J Dent*. 2020; 33: 33-8.
9. Scaminaci Russo D, Cinelli F, Sarti C, et al. Adhesion to Zirconia: A Systematic Review of Current Conditioning Methods and Bonding Materials. *Dent J (Basel)*. 2019; 7:74.
10. Feitosa SA, Patel D, Borges AL, et al. Effect of cleansing methods on saliva-contaminated zirconia—an evaluation of resin bond durability. *Oper Dent*. 2015; 40: 163-71.
11. BISCO: Creating Solutions to Clinical Challenges! Bonding to Zirconia, Alumina and Metal with Z-PRIME Plus. Zirconia; the Future of Aesthetic Indirect Restorative Dentistry?: <https://www.bisco.com/creating-solutions-to-clinical-challenges/> (13.05 2021).
12. Monobond Plus The universal primer: https://www.ivoclarvivadent.com/medias/sys_master/celum-connect2-assets/celum-connect2-assets/h74/h69/10384422862878/740499-PRO-Monobond-Plus-PRO-EN-2019.pdf (31.05 2021).
13. Aranda Garcia de Souza EH, Berger SB, Carlesse Paloco EA, et al. Effect of metal primers on the bond strength of resin cement to Co-Cr alloy. *Minerva Stomatol*. 2019; 68: 259-64.
14. Mitra SB, Sakaguchi RL. Restorative Materials: Resin Composites and Polymers. In: Sakaguchi R, Ferracane J, Powers J, editors. *Craig's Restorative Dental Materials* St. Louis, Missouri: Elsevier, 2019: 135-70.

15. Atai M, Watts DC, Atai Z. Shrinkage strain-rates of dental resin-monomer and composite systems. *Biomaterials*. 2005; 26: 5015-20.
16. Barbon FJ, Moraes RR, Isolan CP, et al. Influence of inorganic filler content of resin luting agents and use of adhesive on the performance of bonded ceramic. *J Prosthet Dent*. 2019; 122: 566.e1-e11.
17. Blatz MB, Vonderheide M, Conejo J. The effect of resin bonding on long-term success of high-strength ceramics. *J Dent Res*. 2018; 97: 132-9.
18. May LG, Kelly JR, Bottino MA, et al. Effects of cement thickness and bonding on the failure loads of CAD/CAM ceramic crowns: multi-physics FEA modeling and monotonic testing. *Dent Mater*. 2012; 28: e99-109.
19. Sulaiman TA, Abdulmajeed AA, Altinchi A, et al. Mechanical properties of resin-based cements with different dispensing and mixing methods. *J Prosthet Dent*. 2018; 119: 1007-13.
20. Bruzell E, Kopperud HM, Rukke HV. Lysharding - så enkelt og så vanskelig. *Aktuel Nordisk Odontologi*. 2017; 43: 68-77.
21. Kopperud HM, Johansen GF, Lamolle S, et al. Effekt av kort herdetid på kjemiske og mekaniske egenskaper til kompositter. *Nor Tannlegeforen Tid*. 2014; 124: 356-62.
22. Tarle Z, Par M. Degree of Conversion. In: Miletic V, editor. *Dental Composite Materials for Direct Restorations* Springer, Cham, 2018: 63-85.
23. Kopperud HM. Hvor holdbare er komposittmateriale- ne? *Tandläkartidningen*. 2005; 97: 66-8.
24. ISO. 4049-2019 Dentistry – Polymer-based Restorative Materials. Geneva: International Organization for Standardization 2019: 29.
25. Rojpaibool T, Leevailoj C. Fracture Resistance of Lithium Disilicate Ceramics Bonded to Enamel or Dentin Using Different Resin Cement Types and Film Thicknesses. *J Prosthodont*. 2017; 26: 141-9.
26. Tribst JPM, Dos Santos AFC, da Cruz Santos G, et al. Effect of Cement Layer Thickness on the Immediate and Long-Term Bond Strength and Residual Stress between Lithium Disilicate Glass-Ceramic and Human Dentin. *Materials (Basel)*. 2021; 14:5153.
27. Aker Sagen M, Dahl JE, Matinlinna JP, et al. The influence of the resin-based cement layer on ceramic-dentin bond strength. *Eur J Oral Sci*. 2021; e12791.
28. Dahl BE, Ronold HJ, Dahl JE. Internal fit of single crowns produced by CAD-CAM and lost-wax metal casting technique assessed by the triple-scan protocol. *J Prosthet Dent*. 2017; 117: 400-4.
29. Randolph LD, Palin WM, Leloup G, et al. Filler characteristics of modern dental resin composites and their influence on physico-mechanical properties. *Dent Mater*. 2016; 32: 1586-99.
30. Carrabba M, Vichi A, Tozzi G, et al. Cement opacity and color as influencing factors on the final shade of metal-free ceramic restorations. *J Esthet Restor Dent*. 2020; 32:1-7.
31. Bayindir F, Koseoglu M. The effect of restoration thickness and resin cement shade on the color and translucency of a high-translucency monolithic zirconia. *J Prosthet Dent*. 2020; 123: 149-54.
32. Pfeifer CS, Sakaguchi RL. *Fundamentals of Materials Science*. In: Sakaguchi RL, editor. *Craig's Restorative Dental Materials*. St. Louis, Missouri: Elsevier, 2019: 29-68.
33. Cakmak G, Donmez MB, Kashkari A, et al. Effect of thickness, cement shade, and coffee thermocycling on the optical properties of zirconia reinforced lithium silicate ceramic. *J Esthet Restor Dent*. 2021; 33: 1132-8.
34. Kucukesmen HC, Usumez A, Ozturk N, et al. Change of shade by light polymerization in a resin cement polymerized beneath a ceramic restoration. *J Dent*. 2008; 36: 219-23.

ENGLISH SUMMARY

Sagen MA, Dahl BE

Resin-based cements – properties affecting clinical success of indirect restorations

Nor Tannlegeforen Tid. 2022; 132: 716-22.

Resin-based cements are frequently used for cementing indirect restorations, especially when the restorations are made of all-ceramic material. The cement has many important roles, e.g. prevent loosening of the restoration and provide optical matching with tooth substance or mask discoloration. Pre-treatment of tooth sub-

stance and restoration, cement composition and strength, mixing and application method, depth and degree of conversion, water sorption and solubility, and cement film thickness are properties that affect the cements ability to fill its roles.