

ABSTRACT

Valg af retentionscementer kan være udfordrende i betragtning af den konstante udvikling af såvel plastcementer som keramiske materialer til indirekte restaureringer. Denne oversigtsartikel fokuserer på de mest anvendte retentionscementer i tandlægepraksis med særlig vægt på cementernes sammensætning og egenskaber samt faktorer, der har indflydelse på cementernes kliniske indikation. Artiklen inkluderer adhæsive og non-adhæsive retentionscementer til både endelig og provisorisk cementering. Plastcementer inddeles efter deres polymerisationsreaktion og adhæsionsmekanisme til de hårde tandvæv, hvorimod glasionomercementer inddeles i vandbaserede og plastforstærkede udgaver. Blandt de non-adhæsive cementer er den velkendte zinkfosfatcement, der anvendes til endelig cementering, samt zinkoxidbaserede cementer til provisorisk cementering.

EMNEORD Resin cement | glass ionomer cement | zinc phosphate cement | zinc oxide cement



Korrespondanceansvarlig førsteforfatter:
ANA R. BENETTI
arbe@sund.ku.dk

Retentionscementer i en ”nøddeskal”

ANA BENETTI, lektor, Odontologisk Institut, Sektion for dentalmaterialer, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet, København, Danmark

ANNE PEUTZFELDT, professor, dr.odont., Odontologisk Institut, Sektion for dentalmaterialer, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet, København, Danmark

JAN TORE SAMUELSEN, seniorforsker, dr. philos., Nordic Institute of Dental Materials, Oslo, Norge

KLAUS GOTTFREDSEN, professor, dr.odont., Odontologisk Institut, Sektion for oral rehabilitering, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet, København, Danmark

► Accepteret til publikation den 2. marts 2021

Tandlægebladet 2021;125:534-44

V **ALG AF CEMENT** til indirekte restaureringer bør allerede overvejes i behandlingens planlægningsfase. Det er et godt udgangspunkt at vurdere, hvorvidt der kan anvendes en adhæsiv cement, som stiller krav til tørlægning, eller om arbejdsfeltet ligger i et område, hvor tilstrækkelig tørlægning sandsynligvis bliver umulig. Valget af retentionscement afhænger derudover af det valgte indirekte restaurerings- eller opbygningsmateriale, idet der skal tages hensyn til korrekt overfladebehandling af restaureringen og tanden.

Systematiske litteraturgennemgange baseret på minimum tre års kliniske studier rapporterer et årligt retentionssvigt på mellem 0,12-0,97 % for indirekte enkeltandsrestaureringer, dvs. kroner (1), samt 0,42-1,28 % for indirekte flertandsrestaureringer, dvs. broer (2). Ifølge forfatterne er retentionssvigt for zirconiumdioxidrestaureringer noget større end for restaureringer af andre materialer (1,2). Disse er ikke alene en konsekvens af fejl ved enten valget af retentionscement eller ved selve cementeringsteknikken, men kan også skyldes fejl og mangler ved selve præparationen, fx for stor konvergensvinkel eller lav kronehøjde uden ekstra retentionselementer (3). Denne oversigtsartikel fokuserer ikke på faktorer, der har indflydelse på retention og stabilitet af de protetiske erstatninger, men i stedet på forskellige typer af retentionscement, på cementernes

Cementernes egenskaber

Funktion	Cement	Type	Biologiske egenskaber	Uopløselighed	Abrasionsresistens	Bøjestykke	Trækstyrke	E-modul	Adhæsion til emalje	Adhæsion til dentin
Endelig cementering	Plastcement	Æts & Skyl	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn
		Selvætsende	Gul	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn
		Selvadhærende	Gul	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Orange	Gul
		Universel	Gul	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn
	Glasionomercement	Plastforstærket	Gul	Gul	Gul	Gul	Rød	Grøn	Gul	Gul
		Vandbaserede	Grøn	Orange	Orange	Rød	Rød	Grøn	Orange	Orange
	Zinkfosfatcement		Gul	Orange	Rød	Rød	Rød	Grøn		
Provisorisk cementering	Zinkoxidcement	Med eugenol	Orange	Rød	Rød	Rød	Rød	Rød		
		Uden eugenol	Grøn	Rød	Rød	Rød	Rød	Rød		

Tabel 1. Egenskaberne for retentionscementer, der anvendes til endelig og provisorisk cementering. Farven indikerer cementernes egenskaber i forhold til hinanden: Grøn = Høj/God; Gul = Mellem; Orange = Lav/Dårlig; Rød = Meget Lav/Dårlig.

Table 1. Illustration of properties of dental cements used for final and temporary luting. The colour indicates the properties of the cements in relation to each other. Green = High/Favorable; Yellow = Intermediate; Orange = Low/Poor; Red = Very Low/Poor.

sammensætning og deres egenskaber (Tabel 1) med henblik på fastlæggelse af deres kliniske indikation (Tabel 2). Artiklen inkluderer både adhæsive og non-adhæsive retentionscementer, som er relevante i en nutidig tandlægepraksis.

ADHÆSIVE CEMENTER

Adhæsive cementer såsom plast- og glasionomercement anvendes til endelig cementering af indirekte restaureringer, hvor der primært ønskes adhæsion til de hårde tandvæv. Disse cementer kan desuden adhærere til visse restaureringsmaterialer efter særlige overfladebehandlinger (4-6). Adhæsiv cementering kræver derfor som oftest forbehandling af både resttandsstansen og restaureringen.

Plastcementer

De polymerbaserede plastcementer kan anvendes til endelig cementering af alle typer restaureringer. Plastcementer består af monomerer, fyldstof, pigmenter, inhibitor og initiatorsystem. Initiatorsystemet danner frie radikaler, der reagerer med plastmonomererne, og dermed starter polymerisationsreaktionen (7). Ifølge polymerisationsreaktionen kan plastcementerne inddeles i lys-kemisk eller dualhærdende.

Adhæsion af plastcementer til tanden kan enten opnås med et bindingssystem – hvor æts og skyl- eller selvætsende teknik anvendes (8) – eller uden adhæsiv og en såkaldt selvadhærende plastcement. Desuden findes der på markedet ”universelle” plastcementer, som beskrives senere i artiklen.

Ud over binding til de hårde tandvæv binder plastcementer godt til porcelæn og glaskeramik. Porcelæn og glaskeramik skal

forbehandles med 5 % flussyre og silan (alternativt en keramikprimer), inden plastcementen appliceres på indersiden af restaureringen for at sikre optimal binding (Fig. 1). Silan etablerer en kemisk forbindelse mellem porcelæn eller glaskeramik og plastcement (10).

Binding til zirconiumdioxid og dentale legeringer kan også opnås (4); her er overfladebehandlingen dog endnu mere kritisk, og der skal helst anvendes plastcementer, som indeholder funktionelle plastmonomerer. Indersiden af zirconiumdioxid- eller metalliske restaureringer skal sandblæses med 30-50 µm korundpartikler inden cementering: Specielt for zirconiumdioxid er sandblæsning med lavt tryk (1-2 bar) nødvendigt for at undgå uønskede ændringer af keramikens overflade. ▶

FAKTABOKS 1

Adhæsion af plastcement til restaureringsmateriale

Bindingsstyrken varierer afhængigt af det anvendte kommercielle produkt og af det restaureringsmateriale, der bindes til (4,9), og viser generelt en tendens til at falde med tiden (9).

Adhæsiv cementering

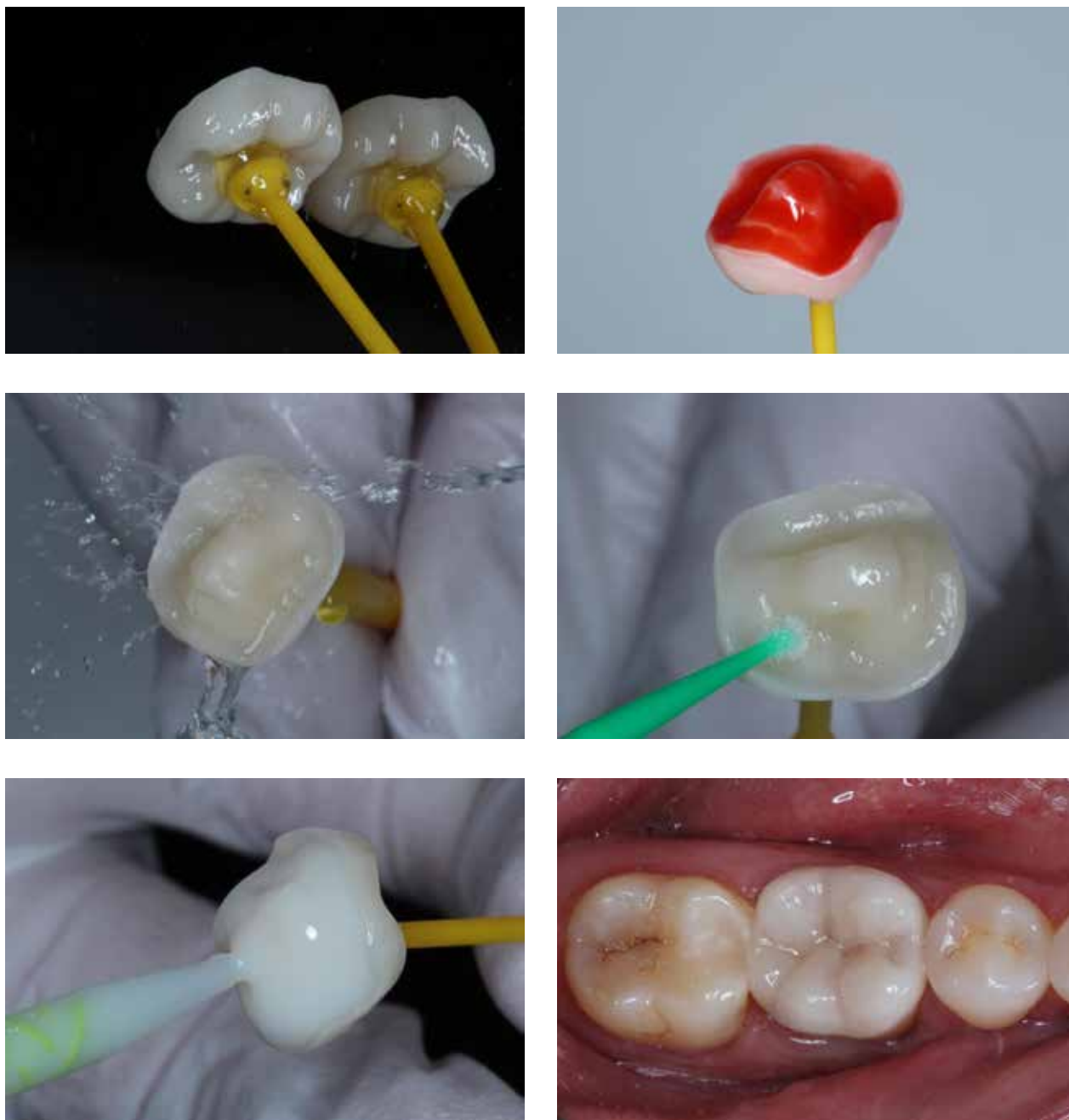


Fig. 1. Litiumpuldisilikatrestaureringen ætzes med 5 % flussyre i 20 sek., der skylles og tørlægges med absolut ethanol, inden silanen appliceres i mindst 1 min. Tandens forbehandling i mellemtiden ifølge brugsanvisningen for den valgte plastcement. En dualhærdende plastcement appliceres på restaureringen, som derefter anbringes på tanden; restaureringen stabiliseres med kort belysning (2-5 sek.), inden overskuddet fjernes. CEMENTEN belyses derefter i 40 sek. fra forskellige vinkler.

Fig. 1. The lithium disilicate restoration is etched with 5% hydrofluoric acid for 20 s, then rinsed and dried with absolute ethanol before application of silane for a minimum of 1 min. Meanwhile the tooth is pretreated according to the instructions for use from the chosen adhesive cement. A dual-cure resin cement is applied to the restoration, which is then fixed to the tooth; the restoration is stabilized with short light irradiation (2-5 s) before excess cement is removed. The cement is then light-activated for 40 s from different directions.

FAKTABOKS 2

Efter indprøvning i munden

Porcelæns- og glaskeramikrestaureringer

Hvis tandteknikeren allerede har ætset porcelæns- eller glaskeramikrestaureringen og dermed skabt et ru relief, skal tandlægen rense restaureringens inderside efter indprøvning i munden. En kort ætsning med fosforsyre vil kunne fjerne den organiske kontaminering og sikre bedre vedhæftning af plastcementen. Derefter skylles restaureringen grundigt og tørlægges med ethanol inden applicering af silan eller keramikprimer.

Zirconiumdioxidrestaurering

Har tandteknikeren sandblæst restaureringen, skal dens indre overflade renses for organisk kontaminering efter indprøvning i munden. Selvom der kan anvendes ethanol til dette formål, bliver overfladen renere (11-13) ved anvendelse af et renseprodukt, der kan fjerne organisk materiale (fx Ivoclean, Katana™ Cleaner, ZirClean™, eller 5 % natriumhypochlorit).

Ud over god æstetik er plastcementerne kendetegnet ved gode mekaniske egenskaber, høj abrasionsresistens samt lav opløsningsstendens (14,15), som tilsammen giver god holdbarhed. Grundet plastcementerne mekaniske egenskaber kan disse udgøre et stabilt underlag for keramik og derfor forstærke restaureringer (16) fremstillet af lav- og mellemstærke keramiske materialer (som oftest glaskeramik og højtranslucent zirconiumdioxid), der ikke understøttes af et keramik- eller metalstel (17). Til gengæld kræver plastcementer kontrol af arbejdsfeltet (18,19) i mere eller mindre grad, alt efter deres sammensætning og den måde, hvorpå de reagerer med de hårde tandvæv.

Plastcementtyper inddelt efter polymerisationsreaktionen

Lyshærdende plastcementer indeholder et fotoinitatorsystem, der skal aktiveres ved belysning. Derfor anvendes lyshærdende plastcementer ikke ved metalliske eller opake keramiske restaureringer, men til gengæld er de egnede til cementering af translucente porcelæns- og glaskeramikrestaureringer på fortænder. Ud over translucensen er forudsætningen for at anvende lyshærdende plastcement, at restaureringen er tynd og lys. Jo tykkere og mørkere den keramiske restaurering er, desto mere lys vil den absorbere, sprede eller reflektere, og dermed vil mindre lys kunne nå cementfilmen (20,21), der således ikke vil opnå optimal polymerisation. Initiatorsystemet i lyshærdende plastcementer har traditionelt bestået af camphorquinon og en alifatisk tertiær amin. I de seneste år har man gennem introduktionen af nye fotoinitatorer kunnet reducere eller endog

klinisk relevans

Forståelse for retentionscementernes sammensætning og egenskaber er afgørende for valget af den bedst egnede cement i enhver given klinisk situation.

eliminere mængden af amin, hvilket reducerer cementernes misfarvningstendens betydeligt (20,21).

Blokerer restaureringen meget lys, skal plastcementens polymerisation sikres ved hjælp af kemisk initiering. Kemisk hærdende plastcementer kan derfor være et alternativ til cementering af zirconiumdioxid- og metalliske restaureringer, hvor lyset ikke når ind til cementlaget. Kemiskhærdende plastcementer leveres i to komponenter; den ene indeholder en redoxinitiator (ofte benzoylperoxid) og den anden en koinitiator (ofte en aromatisk tertiær amin), der ved sammenblanding starter polymerisationen. En kemisk hærdende plastcement kræver, at arbejdsfeltet holdes tørt i de første 5-6 minutter, mens den initiale afbinding finder sted. Materialet er i den tid ikke så hårdt, hvorfor overskuddet lettere kan fjernes. Da polymerisationsreaktionen forløber langsommere end ved lysinitiering, når disse materialer først maksimal styrke efter et døgn – i mellemtiden skal patienten rådgives om at undgå overbelastning af den nyligt cementerede restaurering.

Udviklingen af dualhærdende plastcementer bød på en slags kompromis: Belysning langs restaureringens kant og eventuelt igennem translucente restaureringer sikrer den initiale stabilisering af restaureringen, mens reaktionen ved hjælp af redoxinitiatoren sikrer materialets gennemgående polymerisation. Dualhærdende plastcement kan derfor med fordel anvendes til cementering af langt de fleste restaureringer. Dualhærdende plastcementer leveres, ligesom kemisk hærdende plastcementer, som to pastaer: Den ene indeholder et fotoinitatorsystem (traditionelt camphorquinon med en tertiær amin), og den anden ►

FAKTABOKS 3

Spotbelysning

Både lys- og dualhærdende plastcementer giver mulighed for, at man ved meget kort belysningstid (2-5 sekunder) kan få cementerne til at ændre konsistens, således at fjernelsen af overskuddet bliver nemmere; denne procedure er kendt som spotbelysning (23). Herefter belyses i længere tid og fra forskellige vinkler, således at tilstrækkelig energi fra belysningen er til stede for at fuldføre cementens polymerisationsreaktion (20,24).

Oversigt til retentionscementer

		Eksempler	Anvendelse	Bør undgås ved	Forbehandling af tand	Forbehandling af restaurering	
Endelig cementering	Plastcement	Æts og skyl-teknik	G-Cem Veneer RelyX Ultimate Adhesive Resin Cement (amin-fri) Variolink Esthetic (amin-fri)	Alle restaureringer (især lavstyrkekeramik), hvor en substantiel del af det præparerede areal udgøres af emalje	Utilstrækkelig tørlægning	Ætsning med 35 % fosforsyre, primer/adhæsiv Ætsning af porcelæn og glaskeramik med 5 % flussyre samt silanbehandling (evt. keramikprimer); Sandblæsning af metalliske og zirconiumdioxidrestaureringer samt anvendelse af primer eller cement, der indeholder funktionelle plastmonomerer	
		Selvætsende teknik	Multilink Panavia V5 (amin-fri) RelyX Ultimate Adhesive Resin Cement (amin-fri)	Alle restaureringer, hvor substantiel del af det præparerede areal udgøres af dentin		Selektiv emaljeætsning, selvætsende primer/adhæsiv Ætsning af porcelæn og glaskeramik med 5 % flussyre samt silanbehandling (evt. keramikprimer); Sandblæsning af metalliske og zirconiumdioxidrestaureringer samt anvendelse af primer eller cement, der indeholder funktionelle plastmonomerer	
		Selvadhærerende	BisCem G-Cem LinkAce Clearfil SA Automix RelyX Unicem 2 SmartCem2 SpeedCem Plus	Restaureringer fremstillet af metal eller mellem- og højstyrkekeramik (især zirconiumdioxid), der viser tilstrækkelig retention, hvor der ønskes enklere adhæsiv cementering	Lavstyrke keramiske restaureringer samt ikke-retentive restaureringer (fx facader, ætsbroer)	Ren tandoverflade; Selektiv emaljeætsning øger bindingsstyrken	Ætsning af højstyrkeglas-keramik med 5 % flussyre samt silanbehandling (evt. keramikprimer); Sandblæsning af metalliske og zirconiumdioxidrestaureringer
		Universel	uden keramikprimer: Panavia SA Universal RelyX Universal med keramikprimer: NX3 Nexus Cement Panavia SA Cement Universal RelyX Universal Resin Cement	Alle restaureringer		Alt efter hvilken bindings-teknik der anvendes; der henvises til produkternes brugsanvisning	Ætsning af porcelæn og glaskeramik med 5 % flussyre samt silanbehandling; enkelte produkter kræver hverken separat silanbehandling eller applicering af keramikprimer; Sandblæsning af metalliske og zirconiumdioxidrestaureringer; keramikprimer skal anvendes eller ej efter fabrikantens rekommandation

Tabel 2. Fortsættes på næste side

en selvhærdende redoxinitiator (såsom benzoylperoxid, thiocarbamid hydroperoxid eller natriumpersulfat). Da plastcementer, som indeholder redoxinitiator og aromatisk tertiær amin, viser betydelig misfarvning over tid (20,21), anbefales det at anvende en aminfri dualhærdende plastcement til cementering af translucente, keramiske restaureringer i fronten. Selvom dualhærdende plastcementer kan polymerisere også uden belysning, bidrager belysning til at forbedre cementernes fysiske og mekaniske egenskaber (22), hvorfor dette om muligt rekommanderes.

Plastcementtyper inddelt efter adhæsiionsmekanismen til de hårde tandvæv

Med brug af et bindingssystem

Æts og skyl-cementeringsteknik

Traditionelle plastcementer, der benytter sig af æts og skyl-teknikken, kræver som bekendt forudgående ætsning af emalje og

dentin med fosforsyre inden applicering af primer og adhæsiv. Æts og skyl-teknikken er indiceret, når plastcementen anvendes til cementering af restaureringer, hvor en substantiel del af det præparerede areal udgøres af emalje. Dette er fx tilfældet for facader, indlæg med eller uden overdækning, endokroner samt visse supragingivale kronepræparationer. De traditionelle plastcementer kræver fuld kontrol over arbejdsfeltet, dvs. tør emalje, let fugtig dentin og ingen kontaminering, for at kunne binde effektivt til tanden (18).

Selvætsende cementeringsteknik

Visse plastcementer virker i samarbejde med et selvætsende bindingssystem, som indeholder sure, funktionelle monomerer såsom 10-MDP (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate) eller tilsvarende, samt polyalkensyre-copolymerer (25,26). Disse funktionelle monomerer sikrer demineralisering

			Eksempler	Anvendelse	Bør undgås ved	Forbehandling af tand	Forbehandling af restaurering
Endelig cementering	Glasionocement	Plastforstærket	Fuji Plus FujiCem 2 Ketac Cem Plus Nexus RMGIC RelyX Luting Cement UltraCem	Metalliske og zirconiumdioxidrestaureringer, især ved subgingivale præparationer; evt. tilstrækkeligt tykke glaskeramikrestaureringer	Lavstyrke keramikrestaureringer samt ikke-retentive restaureringer	Ætsning med 10 % polyakrylsyre øger bindingsstyrken	Sandblæsning af metalliske og zirconiumdioxidrestaureringer
		Vandbaseret	Aqua Cem Fuji I Ketac Cem Vivaglass Cem	Metalliske og zirconiumdioxidrestaureringer, især ved subgingivale præparationer	Lavstyrkekeramikrestaureringer samt ej retentive restaureringer	Ætsning med 10 % polyakrylsyre øger bindingsstyrken	Sandblæsning af metalliske og zirconiumdioxidrestaureringer
	Zinkfosfatcement	DeTrey Zinc Elite Cement 100 Harvard Cement Hy-Bond Zinc Phosphate Cement PDC&B Zinc Phosphate cement	Metalliske restaureringer, især ved subgingivale præparationer	Keramiske restaureringer (evt. undtagelse ved højstyrkezirconiumdioxid i ikke-æstetiske områder)	Ren og tør tandoverflade	Sandblæsning af metalliske restaureringer	
Provisorisk cementering	Zinkoxidcement	Med eugenol	RelyX Temp TempBond	Midlertidig cementering af provisorier, hvortil endelig cementering vil være non-adhæsiv	Endelig cementering vil være adhæsiv	Ren og tør tandoverflade	Ren og tør provisorieoverflade
		Uden eugenol	Cavex Temporary Cement Freegenol TempBond NE Rely X Temp NE	Midlertidig cementering af provisorier, hvortil endelig cementering vil være adhæsiv		Ren og tør tandoverflade	Ren og tør provisorieoverflade

Tabel 2. Retentionscementer: funktion, eksempler, indikationer samt anbefalet forbehandling af tand og restaurering.

Table 2. Luting cements: function, examples, indications and recommended pre-treatment of tooth and restoration.

af tandvævene og infiltrering af plastmonomererne. Derefter appliceres et adhæsiv på tanden inden cementering. Da ethanol og vand indgår i selvætsende bindingssystemer som opløsnings- og reaktionsmiddel, kan nogle af disse være mere tolerante over for fugt (27,28). Der må absolut ikke være vand til stede på præparationen, ej heller kontaminering med spyt eller

blod, men visse bindingssystemer bliver imidlertid ikke særligt påvirkede af tilstedeværelsen af en anelse fugt (27,28). Milde selvætsende bindingssystemer (pH ≈ 2) etablerer en mere stabil og holdbar binding til dentinen end bindingssystemer med enten højere eller lavere pH (25,26,29).

Herudover virker den selvætsende cementeringsteknik mindre følsom end æts og skyl-teknikken, da den sidste indebærer flere trin samt subjektive skøn vedrørende dentinens fugtighedsgrad. Dermed er den selvætsende teknik velegnet til præparationer, der udelukkende består af dentin, dvs. fuldkronepræparationer. Er der emalje til stede, er der konsensus om at udføre selektiv emaljeætsning i forbindelse med den selvætsende plastcementeringsteknik (26).

Uden brug af et bindingssystem

Selvadhærerende plastcementer

Disse cementer kræver ikke mere end en ren tandoverflade, hvilket gør cementeringsteknikken meget enklere. Selvadhærerende plastcementer indeholder også funktionelle plastmonomerer baseret på fosforsyre- og/eller carboxylsyreestere, som kan binde kemisk til dentin (6,30,31). Grundet de funktionelle plastmonomerer kan selvadhærerende plastcementer med fordel anvendes til cementering af zirconiumdioxidrestaureringer. De kan også anvendes til cementering af metalliske restaureringer som alternativ til zinkfosfatcement, ►

FAKTABOKS 4

Plastcementer med brug af et bindingssystem

En generel rekommandation er at anvende et bindingssystem og en cement fra samme fabrikant. Fabrikkerne står som regel til rådighed for vejledning om materialets indikation og brugsanvisning og kan fremvise evidens for produkterne. Vil man hellere selv finde frem til informationen, er videnskabelige artikler samt materialernes tekniske dokumentationer brugbare kilder.

dog er plastcementerne mere plakretinerende end fosfatcement (32).

På trods af kemisk binding er bindingsstyrken af selvadhærende cementer til emaljen noget lavere end ved traditionelle æts og skyl- eller selvætsende plastcementersteknikker (33). Derfor anbefales selvadhærende plastcementer ikke til non-retentive præparationer, dvs. optimale præparationsprincipper er endnu vigtigere for cementering med selvadhærende plastcementer. Bindingsstyrken af selvadhærende cementer til dentinen er dog tilfredsstillende (6,34).

Universelle plastcementer

Hvad der forstås ved en universel plastcement, varierer fra fabrikant til fabrikant. Nogle fabrikanter bruger betegnelsen til at indikere, at deres universelle plastcementer kan anvendes til alle materialeoverflader, dvs. glaskeramik, metal, komposit plast, hybrid og fiberforstærket komposit. For visse produkter skal cementeringsoverfladen forbehandles med en specifik primer.

Enkelte universelle plastcementer kan også opfattes som multimodale cementer, idet tandlægen frit kan vælge den bindingsteknik, der er bedst egnet til den pågældende kliniske situation: altså æts og skyl, selvætsende eller selvadhærende.

Man kan endelig også opfatte en universel plastcement som et materiale, der kan anvendes til alle opgaver, fx retentive og ikke-retentive præparationer, enkelt- og flertandsrestaureringer, binding til restaurering og til tand. For nuværende er der begrænset information om universelle plastcementer, men disse viser lovende resultater i laboratorieforsøg (31); dermed kommer disse sandsynligvis til at overtage en del af markedet.

Glasionomercement

Vandbaseret glasionomercement

Den vandbaserede glasionomercement leveres i form af et pulver og en væske. Pulveret består af finmalet aluminiumsilikatglas, som indeholder fluorid. Væsken er en vandig opløsning af polycarboxylsyre (kopolymerer af polyakrylsyre, maleinsyre, itaconsyre og vinsyre). Glasionomercement afbinder som følge af en syre-base-reaktion, hvorfor vandindholdet er vigtigt for syrens ioniseringsgrad (35). Afbindingsreaktionen foregår i fire faser:

- (1) syreangreb: ved ionisering af polycarboxylsyren bliver glaspartiklerne hurtigt angrebet af hydrogenioner med frigivelse af metalioner til følge (bl.a. Sr^{+2} , Ca^{+2} , Al^{+3} , F , Na), og kiselsyregerne dannes på overfladen af glaspartiklerne;
- (2) geldannelse: metalionerne akkumuleres i væsken, calcium og/eller strontium reagerer med polyioner i løbet af få minutter, cementens viskositet stiger ved dannelse af polysalte i cementens matrix;
- (3) afbinding: reaktionen fortsætter under dannelse af krydsbindinger i polymeren via aluminiumioner; styrken af materialet øges dermed markant;
- (4) efterhærdning: Den kemiske reaktion fortsætter eventuelt, og der etableres hydrogenbindinger i det uorganiske netværk.

Den seneste forskning viser, at ikke-afbundet væske i selve cementen (35) er til stede en måneds tid efter cementens

blanding (36). Dette formodes delvist at forklare ændringer i cementernes porestruktur over tid (37) samt forårsage den fortsatte kemiske reaktion, der forekommer for visse vandbaserede glasionomercementer, og som bidrager til forbedring af de mekaniske egenskaber (14,38).

Som bekendt binder glasionomercement til de hårde tandvæv. Ifølge adhæsiondemineringskonceptet (30) reagerer hydrogenionerne fra polycarboxylsyren med fosforgrupper i hydroxylapatitkrystallerne; dermed, og som konsekvens af tandens demineralisering, kan polycarboxylionerne i cementen etablere ionbinding til frie calciumioner på tandens overflade. Den kemiske binding til tanden er én af de vigtigste kliniske fordele ved glasionomercementerne. Forudgående ætsning af tandoverfladen med polyakrylsyre øger bindingsstyrken af glasionomercementen til tanden (26). De moderne færdigt afbundne glasionomercementer har vist sig at have meget beskedne irritativ virkning på pulpa (14).

Afbindingstiden, arbejdstiden og glasionomercementens egenskaber bestemmes dels af materialets sammensætning, dels af pulver-væske-forholdet og udrøringen. En forøgelse af pulver-væske-forholdet og usystematisk, lang udrøring nedsætter arbejdstiden samt har indflydelse på cementens konsistens, mekaniske egenskaber og opløselighed. Ved at anvende prædoserede kapsler kan der sikres korrekt dosering, homogen blanding og god flydeevne, dog øger mekanisk blanding af lavviskøs glasionomercement risiko for inkorporering af luftblærer i cementen med nedsat trykstyrke til følge (39).

Vandbaserede glasionomercementer har størst opløselighed omkring den initiale afbinding (5-7 min), og cementoverskuddet, der er relativt let at fjerne, bør først fjernes efter nogle minutter. På trods af den stabile (40) kemiske binding til tandsubstansen er bindingsstyrken af vandbaserede glasionomercementer ikke særlig høj sammenlignet med andre adhæsive cementer (34). Det er derfor nødvendigt at tilføje ens præparationer tilstrækkelig mekanisk retention.

Plastmodificeret glasionomercement

Med henblik på at forbedre glasionomercementens fysiske egenskaber udviklede man en plastmodificeret glasionomercementtype. Der blev tilsat en lysinitiator til materialet samt plastmonomerer, såsom hydroxyethylmethacrylat (HEMA) og/eller uretandimethacrylat (UDMA) til syreblandingen. Plastmodificerede glasionomercementer er derfor stærkere og nemmere at håndtere, æstetikken er bedre, og cementens initiale afbinding igangsættes ved hjælp af belysning (35). Bindingsstyrken af plastmodificerede glasionomercementer til tænder er højere end de vandbaseredes og kan øges yderligere ved forbehandling af tandoverfladen med et adhæsiv (28).

Grundet glasionomercementernes hydrofilitet, såvel de vandbaserede som (i mindre grad) de plastmodificerede, er disse cementer mere tolerante over for kontakt med fugt og derfor et godt alternativ til cementering af restaureringer, hvor det er svært at holde tørt (35). Både vandbaserede og plastmodificerede glasionomercementer er velegnede til cementering af metalliske og zirconiumdioxidrestaureringer. Lav- og mellemstærke helkeramiske restaureringer kan til gengæld kun i

Non-adhæsiv cementering



Fig. 2. Metalkeramikkrone cementeres på en tand med støbt opbygning med god retention og højde. Bemærk den ru overflade efter diamantslibning.

Fig. 2. Metal ceramic crown luted on a tooth with build-up of satisfactory retention and height. Note the rough surface provided by the preparation using a diamond bur.



særlige situationer cementeres med glasionomercement, og her er de plastmodificerede normalt at foretrække; dette kræver dog, at restaureringen er tilstrækkelig tyk for at minimere risiko for fraktur. Tynde og translucente restaureringer i fronten bør ikke cementeres med glasionomercement grundet disse restaurerings behov for et særdeles velunderstøttende underlag; derudover vil cementens opacitet skinne igennem.

NON-ADHÆSIVE CEMENTER

De non-adhæsive cementer, der oftest anvendes i klinikken, er zinkfosfatcement til endelig cementering (Fig. 2) samt zinkoxidcement med/uden eugenol til provisorisk cementering.

Zinkfosfatcement

Zinkfosfatcement leveres i form af et pulver og en væske, og cementen afbinder som følge af en syre-base-reaktion. Pulveret består hovedsageligt af zinkoxid, mens væsken er en ca. 50 vægtprocent vandig opløsning af fosforsyre. Væskens pH er ca. 1, og selvom pH stiger til ca. 3,5 allerede i løbet af væskens sammenblanding med pulveret, bør smørelaget på præparationen bevares, således at dette kan minimere indtrængning af ureageret væske i dentintubuli under anlæggelse af cementeringstrykket. Den initialt lave pH medfører, at man bør være forbeholden overfor at anvende zinkfosfatcement, såfremt restdentintykkelsen er lav, og/eller der har været følsomhed fra tanden under den provisoriske cementeringsfase. Når cementen efter 24 timer er endeligt afbundet, er pH 6-7, og den færdigt afbundne cement har vist sig at have meget beskeden irritativ virkning på pulpa (41).

Afbindingstiden, arbejdstiden og zinkfosfatcementens egenskaber bestemmes dels af faktorer, der reguleres af producenten (fx pulverets kornstørrelse samt syrens koncentration og pH), dels af faktorer, som tandlægen har indflydelse på. Blandt de sidstnævnte er pulver-væske-forholdet og udrøringsstemperatu-

ren. Således medfører et øget pulver-væske-forhold fx en nedsættelse af zinkfosfatcementens opløselighed. Opløseligheden er størst umiddelbart efter den initiale afbinding (5-8 min), hvilket betyder, at cementoverskuddet først bør fjernes et par minutter efter den initiale afbinding.

Ved anvendelse af zinkfosfatcement sikres den cementerede restaurerings retention udelukkende gennem mekanisk forankring i relieffet på konvergensfladerne af tand og restaurering. Det ru relief i restaureringen opnås vha. sandblæsning med ▶

Cementens mekaniske retention

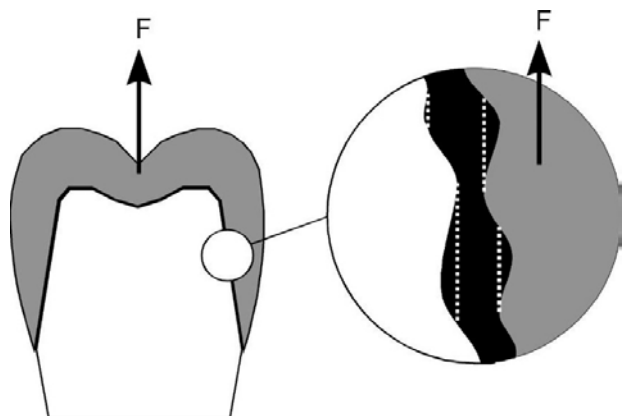


Fig. 3. Skitse til illustration af mekanisk forankring i relieffet på konvergensfladerne. Den cement, der afgrænses af de hvide, stiplede linjer ind mod enten tand eller restaurering, skal brydes eller komprimeres, for at restaureringen løsnes.

Fig. 3. Illustration of mechanical retention in the surfaces of the converging surfaces. The luting agent behind the white, dotted lines in contact with either tooth or restoration must be fractured or compressed for the restoration to come loose.

korundpartikler. Takket være konvergensfladernes ruhed eksisterer der underskæringer i forhold til den kraft, der søger at trække restaureringen bort fra tanden (Fig. 3). Disse underskæringer indebærer, at restaureringen ikke kan løsnes, med mindre cementen i de underskårne områder (Fig. 3, markeret med hvide, stiplede linjer) enten brydes eller komprimeres. Med udgangspunkt i Fig. 3 ses det, at retentionen vil være desto større, jo mindre konvergensvinklen er, og jo større areal og ruhed konvergensfladerne har. På den anden side kan man konkludere, at en cement som zinkfosfatcement, der udelukkende afhænger af mekanisk forankring, ikke bør anvendes i tilfælde af lav kronehøjde og/eller stor konvergensvinkel. Svigtende retention af en rent mekanisk fastlåst restaurering skyldes enten deformation af cement, tand eller restaurering og/eller fraktur af cementen, således at fastlåsnings i konvergensfladernes relief ophører. Heraf følger, at stivhed (elasticitetsmodul) og styrke af de materialer, der indgår i cementlåsen, spiller en rolle for retentionen. Hvad zinkfosfatcementen angår stiger både elasticitetsmodul og styrke, og dermed også retentionen med pulver-væske-forholdet, men til gengæld sætter arbejdstiden og muligheden for effektiv udpresning af cementoverskuddet en grænse for, hvor stort pulver-væske-forhold der kan anvendes. Zinkfosfatcement udmærker sig ved at have relativt højt elasticitetsmodul, hvilket giver god og holdbar retention af restaureringer, også lange broer og ekstensionsbroer, med optimal løspasning.

Zinkfosfatcementens afbindingsreaktion er ledsaget af en relativt kraftig varmeudvikling. Varmeudviklingen i en tynd cementfilm er dog så ringe, at pulpa almindeligvis ikke påvirkes. Varmeudviklingen kan til gengæld have betydning ved at fremskynde afbindingsprocessen og dermed nedsætte arbejdstiden. For at opnå en acceptabel arbejdstid bør zinkfosfatcement udvortes på et varmeafledende underlag som fx en tyk glasplade. En forudgående afkøling af pladen kan give yderligere arbejdstid, hvilket kan være ønskeligt fx ved cementering af broer med mange broankre. Herved sikres en flydeevne, der i højere grad muliggør udpresning af cementoverskuddet og øger chancen for, at restaureringen kommer på plads med god præcision.

Provisoriske cementer baseret på zinkoxid

Cementer baseret på olie og zinkoxid (ZnO) anvendes primært til cementering af provisorier. Den mest almindelige type er ZnO-eugenol (ZOE)-holdige cementer. ZOE-cementer findes i mange sammensætninger, men hovedkomponenterne er ZnO-pulver og eugenol (4-allyl-2-methoxyphenol). Efter blanding dannes zink-eugenolat-chelat i en reaktion, som katalyseres af vand. Imidlertid hydrolyseres zink-eugenolat let i fugtige omgivelser, således at eugenol normalt frigives gradvist, efter cementen er hærdet. Eugenol er en antioxidant, der er rapporteret at have anti-inflammatoriske (42), antimikrobielle (43,44) og analgetiske egenskaber (45). Frigivelse af eugenol kan således være en ønsket egenskab i mange behandlingssituationer, bl.a. ved følsomme tænder efter præparation.

Ved at variere forholdet mellem pulver og væske kan der ændres hærdetid og mekaniske egenskaber af ZOE-baserede materialer. Pulverkomponenten (i pulver-væske-udgaver) består

i princippet af ZnO, men har i varierende grad andre zinksalte (acetat, propionat og succinat). Med en stigende andel af disse salte fremskyndes afbindingsprocessen. Tilsætning af harpiks kan øge afbindingstiden og samtidigt reducere materialets skrøbelighed. Væskekomponenten af ZOE-cementer er i princippet eugenol. Eugenol er den vigtigste bestanddel af nellikeolie (ca. 70%), og i nogle materialer anvendes nellikeolie i stedet for ren eugenol. Ved delvist at erstatte eugenol med ethoxybenzoesyre (EBA; i forhold op til 2:1) kan pulver-væske-forholdet øges, hvilket øger cementens styrke. Tilsætningen af aluminiumoxid eller polymethylmethacrylat (PMMA)-partikler til pulverdelen er også en ændring, der forbedrer de mekaniske egenskaber.

Eugenol har vist sig at have en hæmmende virkning på polymerisationen af methacrylatbaserede plastmaterialer. Det er usikkert, hvilken betydning dette har i praksis, men det anbefales, at brugen af eugenol undgås, hvis den permanente restaurering skal cementeres med plastcement (46). I de eugenolfrie materialer reagerer langkædede alifatiske syrer eller aryl-substitueret smørsyre med ZnO.

ZnO anses ikke for at være toksisk i de doser, der kan genereres under behandling med ZOE, selvom patienten skulle sluge

FAKTABOKS 5

Når det bliver svært at holde tørt, kan der overvejes:

- "Box-elevation"-teknik inden præparation til den endelige restaurering. Ifølge denne teknik opbygges dybe, subgingivale tandområder med komposit plast ved hjælp af et tætsluttende matricebånd, som skal sikre, at den direkte restaurering fremstilles uden kontaminering; derefter præpareres i niveau med gingiva eller supragingivalt. Denne teknik er dog ikke let, og tørlægning kan alligevel være vanskelig, hvorfor teknikken umiddelbart ikke anbefales.
- Kofferdam ved cementering med plastcement kan forhindre kontaminering, samtidig med at arbejdsfeltet holdes fri fra kinder, læber og tunge. Herunder kan "sleeve"-teknik, hvor kofferdam snittes i nogle få centimeter og derefter stabiliseres over arbejdsfeltet vha. klammer eller gummitråd, give tandlægen mulighed for fugtkontrol, når præparationen ligger så subgingivalt, at traditionel isolering med kofferdam ikke kan holdes apikalt for præparationsgrænsen.
- Pocheudpakning, således at præparationen kan holdes tør under cementering. Dette kræver dog opmærksomhed for at undgå, at poche-tråden fastlåses i den polymeriserede plastcement.

en løsnet, stor midlertidig fyldning. Ved gentagen eksponering er ”no-observed-adverse-effect-level (NOAEL)” for ZnO beregnet til 13,3 mg/kg kropsvægt pr. dag. Eugenol har et cytotoxisk potentiale på celler i kultur. Denne virkning observeres ved de koncentrationer, der opnås ved frigivelse fra hærdet ZOE. En lignende effekt er også blevet vist med eugenolfrie alternativer (47). Imidlertid har dentin vist sig at være en god barriere for eugenol, så sandsynligheden for en toksisk virkning i pulpalt væv er meget begrænset, når dentinen er intakt, der hvor materialet appliceres (48). Ved direkte påføring på eksponeret pulpa har eugenol vist sig at forårsage nekrotisk celledød (49). Det er også kendt, at eugenol kan have et hudsensibiliserende potentiale (50).

KLINISKE ANVENDELSESOMRÅDER – EN OVERSIGT

I praksis er der andre faktorer end restaureringsmateriale, reststandssubstans og mulighed for tørlægning, der afgør valget af retentionscement. Der ønskes en egnet cement (Tabel 1), som er nem at håndtere: praktisk udrøring, god arbejds- og afbindingstid samt uproblematisk fjernelse af overskud. Andre faktorer såsom behov for øget retention, forstærkning af restaureringen eller risiko for allergi skal også medinddrages. Derudover skal det vurderes, om der er behov for en cement, der matcher tandens farve og ikke misfarves under en translucet restaurering.

Den største udfordring ved cementering med plastcementer er at sikre tilstrækkelig tørlægning, hvilket er nødvendigt for optimal binding af de traditionelle plastcementer til tanden. Kan man i planlægningsfasen allerede forudse, at tørlægning

sandsynligvis bliver umulig, skal man overveje en mere fugt-tolerant cement: En restaureringstype, der kan cementeres med glasionomercement, vil være en bedre løsning frem for en translucet keramisk restaurering cementeret med en krævende plastcement.

Baseret på en vurdering af zinkfosfatcementens egenskaber forekommer hovedindikationsområdet for denne cement at være kroner og broer i metal eller metalkeramik, hvor præparationen ikke er kompromitteret mht. areal og konvergensvinkel. Højstyrke-zirconiumdioxidrestaureringer har vist god succesrate på trods af cementering med fosfatcement, dog er kroneløsning mindre hyppig ved cementering med selvadhærende plastcement (17), som udtryk for bedre retention.

AFSLUTTENDE KOMMENTARER

Glasionomercementer og zinkfosfatcement kan ofte anvendes til cementering af metalliske restaureringer; glasionomercementer kan desuden anvendes til højstyrke-keramiske restaureringer især ved udfordrende tørlægning.

Lav- og mellemstærke keramiske restaureringer skal cementeres med plastcement. Ved nyere højtransluente keramiske restaureringer er det endnu vigtigere at respektere materialets krav til minimumtykkelse og at anvende en adhæsiv cement for at minimere risikoen for fraktur.

TAK

Forfatterne takker Pia Bast for korrekturlæsning og Annemette Lund Jeppesen for billedokumentation. ♦

ABSTRACT (ENGLISH)

LUTING CEMENTS IN A NUTSHELL

Choosing luting cements can be challenging given the constant development of resin cements and ceramic materials for indirect restorations. This review article gathers the most commonly used luting cements in current dental practice, focusing particularly on these cements' composition and properties, which have an impact on their clinical indication. The article includes adhesive and non-adhesive luting cements

for both final and temporary fixation of indirect restorations. Resin cements are categorized according to their polymerization reaction and the mechanism of adhesion to the hard dental tissues, while glass ionomer cements are divided into water-based and resin-reinforced versions. Among the non-adhesive cements included in this article is the well-known zinc phosphate cement used for final cementation, as well as zinc oxide-based cements for temporary cementation.

LITTERATUR

1. Sailer I, Makarov NA, Thoma DS et al. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: Single crowns (SCs). Dent Mater 2015;31:603-23. Erratum in: Dent Mater 2016;32:e389-90.
2. Pjetursson BE, Sailer I, Makarov NA et al. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part II: Multiple-unit FDPs. Dent Mater 2015;31:624-39. Erratum in: Dent Mater 2017;33:e48-51.
3. Ersu B, Narin D, Aktas G et al. Effect of preparation taper and height on strength and retention of cemented crowns. Dent Mater 2015;31:103-11. ▶

- tion of zirconia crowns. *Int J Prosthodont* 2012;25:582-4.
4. Peutzfeldt A, Sahafi A, Flury S. Binding af indirekte restaureringsmateriale til dentin med forskellige typer retentionscementer. *Tandlægebladet* 2011;115:816-23. Based on: Peutzfeldt A, Sahafi A, Flury S. Bonding of restorative materials to dentin with various luting agents. *Oper Dent* 2011;36:266-73.
 5. Sahafi A, Benetti AR, Peutzfeldt A et al. Retention af rodstifter: effekt af retentionsciment, cementfilmtykkelse og forbehandling af rodstiften. *Tandlægebladet* 2015;119:590-7.
 6. Ubaldini ALM, Benetti AR, Sato F et al. Challenges in luting fibre posts: Adhesion to the post and to the dentine. *Dent Mater* 2018;34:1054-62.
 7. Kopperud HBM, Peutzfeldt A. Kompositte materialer – basale egenskaber. *Tandlægebladet* 2016;120:984-92.
 8. Benetti AR, Peutzfeldt A. Bindingsystemer og deres anvendelse. *Tandlægebladet* 2016;120:1000-6.
 9. Farias DCS, Gonçalves LM, Walter R et al. Bond strengths of various resin cements to different ceramics. *Braz Oral Res* 2019;33:e095.
 10. Benetti AR, Papia E, Matinlinna JP. Bonding ceramic restorations. *Tandlægebladet* 2019;123:36-42.
 11. Rosentritt M, Behr M, Kolbeck C et al. Surface treatment on shear bond strength of high translucent zirconia. IADR/AADR/CADR General Session, San Francisco, California (Abstr. no. 2552), 2017.
 12. Al-Dobaei E, Al-Akhali M, Polonskyi O et al. Influence of cleaning methods on resin bonding to contaminated translucent 3Y-TZP ceramic. *J Adhes Dent* 2020;22:383-91.
 13. Tajiri-Yamada Y, Mine A, Nakatani H et al. MDP is effective for removing residual polycarboxylate temporary cement as an adhesion inhibitor. *Dent Mater J* 2020;39:1087-95.
 14. Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. Dental luting agents: A review of the current literature. *J Prosthet Dent* 1998;80:280-301.
 15. Braga RR, Condon JR, Ferracane JL. In vitro wear simulation measurements of composite versus resin-modified glass ionomer luting cements for all-ceramic restorations. *J Esthet Restor Dent* 2002;14:368-76.
 16. Fleming GJP, Addison O. Adhesive cementation and the strengthening of all-ceramic dental restorations. *J Adhes Sci Technol* 2009;23:945-59.
 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. Chung CWM, Yiu CKY, King NM et al. Effect of saliva contamination on bond strength of resin luting cements to dentin. *J Dent* 2009;37:923-31.
 19. Bernades K de O, Hilgert LA, Ribeiro APD et al. The influence of hemostatic agents on dentin and enamel surfaces and dental bonding: a systematic review. *J Am Dent Assoc* 2014;145:1120-8.
 20. Castellanos M, Delgado AJ, Sinhoreti MAC et al. Effect of thickness of ceramic veneers on color stability and bond strength of resin luting cements containing alternative photoinitiators. *J Adhes Dent* 2019;21:67-76.
 21. Schneider LFJ, Ribeiro RB, Liberato WF et al. Curing potential and color stability of different resin-based luting materials. *Dent Mater* 2020;36:e309-15.
 22. Inokoshi M, Nozaki K, Takagaki T et al. Initial curing characteristics of composite cements under ceramic restorations. *J Prosthodont Res* 2021;65:39-45.
 23. Stegall D, Tantbirojn D, Perdigão J et al. Does tack curing luting cements affect the final cure? *J Adhes Dent* 2017;19:239-43.
 24. Hardy CMF, Bebelman S, Leloup G et al. Investigating the limits of resin-based luting composite photopolymerization through various thicknesses of indirect restorative materials. *Dent Mater* 2018;34:1278-88.
 25. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y et al. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater* 2011;27:17-28.
 26. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Van Landuyt K et al. From Buonocore's pioneering acid-etch technique to self-adhering restoratives. A status perspective of rapidly advancing dental adhesive technology. *J Adhes Dent* 2020;22:7-34.
 27. Loguercio AD, de Paula EA, Hass V et al. A new universal simplified adhesive: 36-Month randomized double-blind clinical trial. *J Dent* 2015;43:1083-92.
 28. Dursun E, Attal JP. Combination of a self-etching adhesive and a resin-modified glass ionomer: effect of water and saliva contamination on bond strength to dentin. *J Adhes Dent* 2011;13:439-43.
 29. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater* 2010;26:e100-21.
 30. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y et al. Adhesion to and decalcification of hydroxyapatite by carboxylic acids. *J Dent Res* 2001;80:1565-9.
 31. Yoshihara K, Nagaoka N, Maruo Y et al. Silane-coupling effect of a silane-containing self-adhesive composite cement. *Dent Mater* 2020;36:914-26.
 32. Behr M, Rosentritt M, Wimmer J et al. Self-adhesive resin cement versus zinc phosphate luting material: a prospective clinical trial begun 2003. *Dent Mater* 2009;25:601-4.
 33. Weiser F, Behr M. Self-adhesive resin cements: a clinical review. *J Prosthodont* 2015;24:100-8.
 34. Heintze SD. Crown pull-off test (crown retention test) to evaluate the bonding effectiveness of luting agents. *Dent Mater* 2010;26:193-206.
 35. Davidson CL. Advances in glass-ionomer cements. *J Minim Interv Dent* 2009;2:3-14.
 36. Berg MC, Benetti AR, Telling MTF et al. Nanoscale mobility of aqueous polyacrylic acid in dental restorative cements. *ACS Appl Mater Interfaces* 2018;10:9904-15.
 37. Benetti AR, Jacobsen J, Lehnhoff B et al. How mobile are protons in the structure of dental glass ionomer cements? *Sci Rep* 2015;5:8972.
 38. Baig MS, Fleming GJP. Conventional glass-ionomer materials: A review of the developments in glass powder, polyacid liquid and the strategies of reinforcement. *J Dent* 2015;43:897-912.
 39. Nomoto R, McCabe JF. Effect of mixing methods on the compressive strength of glass ionomer cements. *J Dent* 2001;29:205-10.
 40. Hoshika S, Ting S, Ahmed Z et al. Effect of conditioning and 1 year aging on the bond strength and interfacial morphology of glass-ionomer cement bonded to dentin. *Dent Mater* 2021;37:106-12.
 41. Brännström M, Nyborg H. Pulpal reaction to polycarboxylate and zinc phosphate cements used with inlays in deep cavity preparations. *J Am Dent Assoc* 1977;94:308-10.
 42. Mateen S, Rehman MT, Shahzad S et al. Anti-oxidant and anti-inflammatory effects of cinnamaldehyde and eugenol on mononuclear cells of rheumatoid arthritis patients. *Eur J Pharmacol* 2019;852:14-24.
 43. Hamed SF, Sadek Z, Edris A. Antioxidant and antimicrobial activities of clove bud essential oil and eugenol nanoparticles in alcohol-free microemulsion. *J Oleo Sci* 2012;61:641-8.
 44. Darvishi E, Omidi M, Bushehri AAS et al. The antifungal eugenol perturbs dual aromatic and branched-chain amino acid permeases in the cytoplasmic membrane of yeast. *PLoS One* 2013;8:e76028.
 45. Ghofran O, Safari T, Shahraki MR. Effects of eugenol on pain response to the formalin test and plasma antioxidant activity in high fructose drinking water in male rats. *Int J Prev Med* 2019;10:151.
 46. Koch T, Peutzfeldt A, Malinovsky V et al. Temporary zinc oxide eugenol cement: eugenol quantity in dentin and bond strength of resin composite. *Eur J Oral Sci* 2013;121:363-9.
 47. Kwon JS, Illeperuma RP, Kim J et al. Cytotoxicity evaluation of zinc oxide eugenol and non-eugenol cements using different fibroblast cell lines. *Acta Odontol Scand* 2014;72:64-70.
 48. Markowitz K, Moynihan M, Liu M et al. Biologic properties of eugenol and zinc oxide eugenol. A clinically oriented review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;73:729-37.
 49. Sela J, Ulmansky M. Reaction of normal and inflamed dental pulp to Calxyl and zinc oxide and eugenol in rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1970;30:425-30.
 50. Lalko J, Api AM. Investigation of the dermal sensitization potential of various essential oils in the local lymph node assay. *Food Chem Toxicol* 2006;44:739-46.