
Optiske intraorale avtrykk

TOM LASSEM OG STIG KARLSSON

Historikk

I ca. 300 år har avtrykk av kjever og tenner blitt tatt i forbindelse med indirekte fremstilling av tannerstatninger. Utviklingen av de ulike materialer til bruk for slike avtrykk har vært tidkrevende og omfattende, og først i siste halvdel av 1900-tallet kom det materialer av en kvalitet som, kombinert med riktig anvendt teknikk, fullt ut tilfredsstilte de krav man må stille til slike materialer. Etter hvert har det også blitt lansert maskinelle og manuelle kombinerte doserings- og blandesystemer som sørger for en korrekt behandling av materialene.

Utvikling av avtrykksmaterialer gjennom tidene

| | |
|-------------|---|
| 1700-tallet | Voks |
| 1800-tallet | Gips, termoplastiske materialer, guttaperka |
| 1925 | Hydrocolloid |
| 1935 | Zinkoksid-eugenol |
| 1940 | Alginat |
| 1954 | Thiokol (Polysulfid) |
| 1955 | C-silikon (K-silikon) |
| 1965 | Polyeter |
| 1975 | A-silikon |
| 1985 | Cerec |

Selv om dagens avtrykksmaterialer fullt ut er tilfredsstillende til sitt bruk, er de på ingen måte problemfrie. Det stilles store krav til operatøren for at avtrykket skal kunne danne et feilfritt grunnlag for en kompromissløs protetisk restaurering.

- Valg av riktig avtrykkskje med hensyn til indikasjon, stabilitet, størrelse og form kan være avgjørende for sluttresultatet.
- Operatøren må i tillegg sørge for god tilgang til prepareringsgrensene, stanse blødninger og holde det subgingivale området tørt for å unngå blæredannelser i avtrykket.
- Inkompatibilitet mellom retraksjonsvæsker/ hemostatika og avtrykksmaterialenes kjemi vil bl.a. kunne føre til dårlig eller ingen herding av avtrykksmaterialene.
- Korrekt innføringsvinkel av avtrykkskjeen er viktig for å unngå slep/dragninger. Feil teknikk med avtrykksprøyten samt overskridelse av materialets arbeidstid vil kunne føre til samme type feil.
- Kompresjon av avtrykket under herdingen vil kunne føre til problemer som trange kroner og broer, distorsjoner og feilaktige modeller. Dette gjelder ikke minst kompresjoner forårsaket av overskridelse av arbeidstiden. Også bruk av fleksible avtrykkskjeer vil kunne gi slike problemer.
- For stor kraft/feil vinkel ved innsetting av avtrykkskjeen vil kunne gi gjennomslag til skjeen.
- Operatøren skal passe nøye på å overholde blandetider, arbeidstider og intraorale herdetider.
- Pasienter kan oppleve avtrykkstagning som ubehagelig.

De nye optiske avtrykks-systemene eliminerer langt på vei disse utfordringene. All logistikk når det gjelder avtrykk er også eliminert, og ikke minst desinfeksjon av avtrykkene. Blanding av gips, plassering av „Dowel pins“ eller bruk av standardiserte modellsystem, korrekt plassering av overkjeve mot underkjeve samt

montering i artikulatur bortfaller også. I tillegg åpner systemene for en ny og forbedret type kommunikasjon mellom tannlege og tanntekniker.

Digital utvikling innen odontologien

I diskusjoner om CAD/CAM- (Computer Aided Design/Computer Aided Machinery) produserte kroner og broer kan man ikke unngå å nevne den epokegjørende betydningen for utviklingen som PROCERA har innebåret for teknikken bruk i klinisk praksis. Systemets opphavsmann er tannlege, dr. odont Matts Andersson, som patenterte metoden i 1987¹. Teknikken er i sin opprinnelige form basert på kopifresing og gnisterosjon av titan til hetter som ble forsynt med en komposittfasade. På denne måten kunne enkeltkroner fremstilles. Etter hvert ble systemet utviklet videre med mekanisk avlesning av en arbeidsmodell av den preparerte tannen. En avleser i kontakt med arbeidsmodellen leste av gipsmodellen, og resultatet ble digitalisert for etterfølgende datastyrt fresing til ferdig hette. Denne utviklingen av teknikken muliggjorde fremstilling av hetter, og noe senere også brokonstruksjoner, i keramiske materialer, og metoden er i prinsipp den samme i dag. Den første kliniske studien ble publisert for 20 år siden av Matts Andersson². I takt med den videre utviklingen for produksjon av keramiske kroner og broer har hundretalls internasjonale studier tilkommet. I dag har systemet internasjonal utbredelse og totalt har ca 10 millioner enheter blitt produsert etter den kommersielle starten i 1993.

I dag finnes det mange andre systemer på det internasjonale markedet, Denzir fra Denzir Production AB, Kavo Everest, Degudent Cercon Ceramics, Sirona inLab, 3M ESPE Lava m. fl.

Denne digitalisering av fremstillingsteknikken for kroner og broer har banet vei for også å kunne digitalisere og forenkle avtrykkstagningen. Utviklingen av den teknikken har ikke gått like fort, men er nå i sterk utvikling hos flere produsenter.

Optiske avtrykksmetoder

På det internasjonale markedet finnes pr. i dag et mindre antall metoder for berøringsfri intraoral optisk avtrykkstagning, og nye metoder utvikles kontinuerlig³. For omkring 20 år siden, når Cerec-metoden for chairside fremstilling av innlegg ble lansert, var forhåpningen at teknikken med optisk avlesning av prepareringene intraoralt skulle utvikles raskere enn hva som faktisk har skjedd. Det er først under de senere årene at denne utviklingen har skutt fart med bruk av varierende metodikk for avlesningen.

Samtlige berøringsfrie metoder har det felles at en lyskilde i form av en laserstråle, synlig hvitt, blått eller infrarødt lys treffer objektet. Bildet oppstår ved at de vanlig anvendte teknikkene for triangulering eller interferometri genererer data som kan digitaliseres for videre bearbeiding. Uansett teknikk er det nødvendig for avleseren/kameraet å kunne se hele den preparerte tannen og dens preparasjonsgrense. Dette innebærer at frilegging av prepareringsgrense og tørrlegging er like viktig som ved konvensjonell avtrykkstagning. Tørrlegging av motstående kjeve er også viktig for å oppnå korrekt avlesning/avtrykk. For noen metoder gis det bare én mulighet til „avtrykk“, og om dette mislykkes må prosedyren gjentas fra starten av. Andre metoder tillater komplettering, dvs. at om man på skjermen ser at hele prepareringen ikke er med, så finnes det muligheter til å lese av bare den delen.

I det følgende beskrives to system som i denne artikkelen står som representanter for to ulike teknologier når det gjelder optiske avtrykk, CEREC fra Sirona (D) og Lava C.O.S. fra 3M ESPE (USA). I tillegg nevnes kort to andre system.

CEREC, Sirona

I 1980 begynte W. Mörmann og M. Brandestini utviklingen av CEREC- (Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics) metoden ved universitetet i Zürich. I 1985 ble den første pasienten behandlet med CEREC, og det optiske avtrykket var et faktum.

I 1986 kjøpte Siemens AG i Tyskland rettighetene til fremtidig markedsføring og videre utvikling av CEREC-utstyret.

Kommersielt tilgjengelig ble systemet først i 1987 ved introduksjonen av CEREC 1. Indikasjonene var først og fremst 1- og 2-flate-innlegg. Innleggene ble frest hos tannlegen i en chairside fresemaskin i det keramiske materialet VITABLOCS Mark II. Dermed kunne tannlegen både preparere, ta „avtrykk“, fremstille innlegget og sementere dette i samme seanse. Systemet har siden lanseringen vært under kontinuerlig utvikling både med hensyn til teknologi og indikasjoner.

Selskapet Sirona, som ble dannet som et resultat av at Siemens AG solgte ut sin dentaldivisjon i 1997, overtok rettighetene til alle Siemens dentalprodukter, inkludert CEREC. I tillegg til Vita med feltspatporselenet VITABLOCS Mark II har også Ivoclar med sine Empress CAD leucit-forsterkede keramiske blokker og 3M ESPE med sine komposittblokker Paradigm MZ100 etablert seg som leverandører av fresematerialer, og restaureringer kan nå freses både i keramiske materialer og kompositt.

Med introduksjonen av CEREC 3 i år 2000 ble det lansert et infrarødt kamera og en mobil PC med flatskjerm, og i 2003 ble systemet komplettert med ny programvare som ga 3-dimensjonale bilder. PC'en er utstyrt med et mikroprosessor-kontrollert kort som i sanntid (nøyaktig samtidig som bildene tas) fanger inn og behandler bildene. Teknologien er basert på at kameraet holdes helt stille når bildet tas ved hjelp av en fotpedalutløser. Normalt tas bildene okklusalt fra, ett av den preparerte tannen og ett av hver nabetann. Man får da med det som er over tannens prominens. Operatørens utfordring med denne teknikken er at både



1a



1b

Figur 1a Cerec computer med skjerm**Figur 1b** Cerec intraoralt kamera

kamera og pasient må være helt i ro under fotograferingen. Ved bruk av videoteknologi, beskrevet senere i artikkelen, er disse kravene eliminert. Deretter plasseres avtrykksmateriale eller bittregistreringsmateriale over den preparerte tannen og nabotennene. Pasienten biter sammen. Etter herding av materialet tas bilde av bittregistreringen okklusalt fra og gir dermed et bilde av antagonistenes okklusalflater. Ved hjelp av programvaren kalkuleres den blivende restaureringens høyde. Dersom det skal tas „avtrykk“ til innlegg eller onlay, vil programvaren gå ut fra et antall punkter på det som er igjen av den tannen som skal restaureres, og en såkalt biogenerisk tann hentes ut fra et „bibliotek“. På dette grunnlaget blir restaureringen fremstilt. Dersom det dreier seg om kronekasus, hentes „kroner“ ut fra et annet be-

tydelig mindre „bibliotek“ der operatøren velger mellom f.eks. unge eller eldre tenner. CEREC 3 kan ta bilder til single kroner, innlegg, onlays og laminat i keramikk, samt 3-ledds broer i kompositt.

I januar 2009 kom videreutviklingen av CEREC 3 under navnet CEREC AC. Dette er også en CEREC 3, men med ny programvare, V 3.40, og et Bluecam kamera som isteden for infrarødt lys opererer med blått lys. Dette innebærer en betydelig økning av detaljene i 3-D bildene. Systemet baserer seg fremdeles på stillbilder, men ved hjelp av den nye programvaren tas disse automatisk når bevegelsen av kameraet stopper og det holdes helt i ro. Fotpedal kan brukes om ønskelig. Nå kan hele buen fotograferes. Foruten single kroner, innlegg, onlays og laminat i keramikk, kan også broer med opp til fire ledd fremstilles i kompositt. Bruken av det nye systemet er den samme som for den tidligere CEREC 3. Den nye programvaren V 3.40 kan om ønskelig installeres på CEREC 3 (mars/april 2009), men dette vil innebære at maskinen vil arbeide betydelig langsommere enn tidligere. Dersom dette gjøres, må bildene fortsatt tas manuelt med fotpedalutløser.

Fresing av CEREC restaureringer kan i dag foregå enten chairside eller på et laboratorium. Dersom fresingen skal gjøres av et laboratorium overføres data fra tannlegen til laboratoriet via f. eks. en USB minnepinne. Sirona har under forberedelse et kommunikasjonsprogram, CEREC Connect, som innebærer overføring av datafiler direkte mellom tannlege og laboratorium. Når dette leses vil sannsynligvis CEREC Connect være kommersielt tilgjengelig.

Lava Chairside Oral Scanner (Lava C.O.S.), 3M ESPE

I 2006 ble selskapet Brontes Technologies i USA kjøpt av 3M. Brontes var kjent for sin høyteknologi innenfor utviklingen av optiske scannere. Professor Doug Hart og Dr. Janos Rohaly, Mas-



2a



2b

Figur 2a Lava C.O.S. computer med skjerm**Figur 2b** Lava C.O.S. intraoralt kamera

sachusetts Institute of Technology, har vært sentrale personer i den forskning og utvikling som førte til lanseringen av Lava C.O.S. i USA våren 2008.

Lava C.O.S. består av en mobil PC med en 3D touch screen flat-skjerm, hvor all betjening foregår direkte på skjermen. Tastatur og mus finnes ikke. I tillegg er et stavformet scanning-kamera montert på PC'en med valgfritt oppheng på begge sider. Kameraets form gir meget god intraoral tilgjengelighet.

Lava C.O.S. er basert på en 3D-in-Motion teknologi. I stedet for stillbilder brukes digital videoteknikk med synlig blått LED-lys som tar opp 20 3D bilder pr. sekund. Opptakene gjøres med det intraorale videokameraet som sender dataene til PC'en. Denne inneholder en meget avansert programvare som er nødvendig for å kunne bruke systemet. Kameraet er i bevegelse hele tiden under scanningen, som gjøres av både den kjeven der prepareringen(e) er, samt av motstående kjeve. Hele kjever eller deler av kjever kan scannes etter ønske. Alle flater scannes. Ved sub-

gingivale prepareringer må prepareringsgrensen være synliggjort. Med scanneren utføres også en digital bittregistrering.

Ved hjelp av algoritmer bearbeides de scannede bildene av programvaren og genererer hele, nøyaktige 3D modeller av tennene på skjermen i sanntid. Ved å legge en finger på modellen på skjermen, kan modellen dreies i alle retninger så man kan kontrollere om man har fått med seg alt. Mangler vil fremkomme som svarte områder og kan umiddelbart scannes på nytt. De nye dataene vil så forene seg med de allerede registrerte.

Bildet av prepareringen kan forstørres opp til 10x og betraktes 3-dimensjonalt for optimal kontroll av prepareringsgrensen. Skjermen viser også pasientinformasjon og gjør det mulig å legge inn beskjeder som sendes som e-mail til laboratoriet.

I Lava C.O.S. systemet finnes det ingen chairside fresemaskin. All fremstilling av restaureringene foregår på laboratoriet. Nedenfor følger en oversikt over relevante materialer, teknologier og indikasjoner:

| <i>Materialer</i> | <i>Teknologier</i> | <i>Indikasjoner</i> |
|-------------------------------|----------------------------|---|
| Metallkeramikk og helkeramikk | Tradisjonell eller CAD/CAM | Kroner Broer Innlegg Onlay Distanser Laminat (skalfasader) |

(4) Digital workflow

- Tannlegen tar et digitalt avtrykk av preparert kjeve, samt digitalt antagonistavtrykk og digital bittregistrering
- Filen sendes via nettet til et laboratorium som kan motta og bearbeide data
- Laboratoriet gjør en digital sagsplitting av de relevante tennene på den virtuelle modellen og markerer prepareringsgrensen på modellen på skjermen
- Laboratoriet sender den bearbeidede filen til 3M ESPE

- 3M ESPE foretar en digital underkutting av prep-grensen og plasserer overkjeve og underkjeve korrekt i forhold til hverandre i henhold til den digitale bittregistreringen. Alt foregår virtuelt på skjermen.
- Dersom restaureringen skal freses av en Lava fresemaskin, sendes en fil til millingsenteret (laboratoriet). Der designes restaureringen og freses. Dersom millingsenter og laboratorium er to forskjellige bedrifter, sendes den freste restaureringen videre fra millingsenter til laboratorium for videre bearbeiding
- En høyoppløst STL-fil (Stereo Lithographic) sendes også til et mottakerapparat som har en SLA-maskin (Stereo Lithographic Apparatus). Der bearbeides STL-filen av programvaren som først deler modellen inn i fine tverrsnitt. Maskinen inneholder et bad med lysherdende resin. En UV-scanner „tegner opp“ modellens design på resinoverflaten. Lag på lag med resin legges på etter hvert som scanneren „bygger opp“ modellen, og til sist er en fysisk arbeidsmodell med meget høy presisjon fremstilt digitalt i lysherdende resin
- Modellen settes inn i et standardisert artikulatorsystem og sendes til laboratoriet
- Laboratoriet bruker modellen som arbeidsmodell for CAD/CAM fremstilte eller tradisjonelt fremstilte restaureringer

Lava C.O.S. ble for første gang vist offentlig i Europa på den store internasjonale IDS-messen i Köln mars 2009. Initial lansering vil foregå trinnvis i Italia, Tyskland og Storbritannia fra og med våren/sommeren 2009. Viktige eksterne faktorer som laboratorier som kan motta filer fra Lava C.O.S., Lava millingsentre og SLA-maskiner for digital modellfremstilling må være tilgjengelige.

iTero, Cadent

iTero-systemet, lansert i 2006, er utviklet av Cadent, USA. Det består av en intraoral parallell konfokal scanner som tar enkeltbilder av overflater og konturer på tann og gingival struktur ved hjelp av laser og optisk scanning, samt en CAD arbeidsstasjon for laboratoriet. Systemet er basert på 3D teknologi der enkeltbildene ved hjelp av programvaren settes sammen til ett bilde. Etter intraoral scanning sendes filen via nettet til laboratoriet. Her blir restaureringen designet og sendt videre til produsenten Cadent i New Jersey. Der fremstilles freste modeller, avtakbare pilarer og om ønskelig freste hetter. Modell og eventuelt hetter sendes deretter til laboratoriet for bruk under fremstilling av restaureringen.

E4D , D4D Technologies

E4D-systemet er utviklet av D4D Technologies i Texas, USA. Det er basert på en intraoral laserscanner som tar stillbilder. Disse settes sammen av programvaren til et 3-dimensjonalt bilde. Videre består systemet av et Design Center og en fresemaskin. Hele systemet brukes chairside og betjenes av tannlege eller annet kvalifisert personell. Systemet kan produsere kroner, innlegg, onlays og laminater.

Det er viktig å være klar over de to store prinsipielle forskjellene på de intraorale scanningsystemer som finnes i dag. Ett system er basert på videofilming, de andre på opptak av enkeltbilder som av programvaren settes sammen til ett bilde.

Professor Dennis J. Fasbinder skriver blant annet i en artikkel i tidsskriftet Dentaltown august 2008 at man kan se for seg flere andre potensielle bruksområder for digitale data⁴. Disse kan gi en signifikant bedre diagnostisering. Programvare kan være i stand til kvantitativt å sammenlikne digitale scanninger mellom to tidsperioder. Dette skulle kunne måle endringer i forbindelse

med for eksempel en tanns posisjon, graden av tilbaketrekking av bløtvev, skadede restaureringer eller tannslitasje.

En potensielt oversett fordel ved det digitale avtrykket er den signifikante forbedringen i visualiseringen av de registrerte data. Monitorene kan vise den scannede tannprepareringen minst 15x større enn den er i virkeligheten. Dette gir umiddelbar feedback om utviklingen av prepareringen. Denne kan enkelt evalueres når det gjelder design, avstand til antagonister og dens forhold til andre tenner i buen. Dette kan vise seg å bli en uvurderlig fordel innenfor odontologisk undervisning. Heller enn å stole på instruktørens artistiske evne til å kommunisere med studenter ved å tegne ønskede forandringer i deres prepareringer, får studentene mulighet til å scanne og evaluere sine prepareringer.

Som tannlege bør man ved et fremtidig valg av intraoral scanner tenke gjennom viktigheten av at et godt utbygget serviceapparat med spesialutdannede teknikere står til disposisjon både i forbindelse med montering/oppkobling og som på kort varsel kan løse akutte problemer som kan oppstå.

Framtidsaspekter

For mer enn 20 år siden, når CEREC-metoden for optisk avtrykkstagnung ble lansert, var den almene oppfatningen at teknikken raskt skulle utvikles videre. Dette skjedde ikke, og det er først i løpet av de senere årene at optisk avtrykksteknikk raskt har blitt utviklet i noe ulike retninger. Denne utviklingen har ført til at den internasjonale standardiseringsorganisasjonen ISO/CEN nå har startet arbeidet med å finne metoder for vurdering av de digitale system som finnes på markedet. Hensikten er å kunne vurdere „The accuracy and reproducibility of intra- and extra-oral dental surface digitization devices“. Resultatet av dette arbeidet, og en ny standard, kan forventes om 2 – 3 år.

Innen film og fotografi har digital teknologi hatt en eksplosjonsartet utvikling i løpet av de seneste årene og dominerer nå

helt markedet. Salget av analoge kameraer, film og tilhørende utstyr har i prinsippet forsvunnet. En tilsvarende utvikling kan forventes når det gjelder intraoral optisk avtrykkstagnung og digitalisering av informasjonen for videre bearbeiding frem til ferdig protetisk konstruksjon. Analogt med utviklingen innen film og fotografi kommer i fremtiden med stor sannsynlighet også kostnadene til å minske både for hardware og software.

En fremtidig mulig og ønskelig utvikling når det gjelder den kliniske bruken er muligheten til å kunne lese av den preparerte tannen gjennom saliva, blod og bløtvev. Dette skulle medføre betydelige tidsgevinster i klinikken og forbedret kvalitet på det ferdige arbeidet. Ubehaget for pasienten i forbindelse med frilegging og konvensjonell avtrykkstagnung skulle også kunne reduseres betydelig, og i tillegg også det trauma frilegging innebærer for vevet. I takt med utviklingen kommer med stor sikkerhet også mange avlesnings- og håndteringsprosedyrer til å kunne utføres av assisterende personale.

Vi kan derfor forvente oss en rask utvikling innen området intraoral optisk avtrykkstagnung, og etter alt å dømme finnes det en hel del nyheter på markedet allerede når dette kapitlet går i trykken. Vi står ved inngangen til en ny og revolusjonerende epoke innen avtrykkstaging hvor utviklingen skjer fort. Tannleger, tannteknikere og studenter går en spennende fremtid i møte, hvor den protetiske hverdag med stor sannsynlighet kommer til å fortone seg helt annerledes enn den gjør i dag.

LITTERATUR

1. Andersson M, Andersson M, Swedish Patent 8400396-1, 1987.
2. Andersson M, Bergmann B, Bessing C, Ericson G, Lundquist P, Nilson H. Clinical results with titanium crowns fabricated with machine duplication and spark erosion. *Acta Odontol Scand* 1989; 47, 279-86.

3. Ireland AJ, McNamara C, Clover MJ, House K, Wenger N, Barbour ME, Alemzadeh K, Zhang L, Sandy JR. 3D surface imaging in dentistry – what are we looking at. Br Dent J 2008; 205; 387-92.
4. Fasbinder, D.J. Digital Evolution or Revolution? Dentaltown; August 2008; 12-16.