

Jalometalliseokset hammastekniikassa – ominaisuudet ja käyttö

Dr. Helmut Knosp,
C. Hafner GmbH

Erityisiä hammaslääketiedettä varten kehitettyjä jalometalliseoksia on käytetty 1920-luvulta lähtien. Valamalla esim. lost wax –menetelmällä voidaan hammastäytteet, kruunut ja sillat valmistaa sekä massiivisina täysvalukappaleina että muovilla tai keraameilla pinnoitettuina.

Hammaseosten täytyy nykyään täyttää kolme vaatimusta: niiden on oltava toimivia, esteettisiä ja kudosystävällisiä. Mekaaniset ja fyysiset ominaisuudet ovat keskeisiä sekä toiminnan että ulkonäön kannalta, ja kudosystävällisyys liittyy läheisesti seoksen korroosionkestävyyteen suun olosuhteissa.

Sopivan kokoomuksen omaavat kulta- ja palladiumseokset täyttävät nämä vaatimukset. Viime vuosina on valmielle vaihtoehdokseksi hammastäytteiden ja kruunujen valmistusmenetelmänä kehitetty elektrolyttinen kerrostus puhtaalla kullalla. Kliiniset kokemukset osoittavat jo, että näin valmistetut keraamilla päällystetyt täytteet ja kruunut täyttävät täysin edellä mainitut hammaslääketieteelliset vaatimukset.

Historiallinen kehitys

Hammastekniikassa käytettävät jalometalliseokset jaetaan niiden eri ominaisuuksien ymmärtämiseksi ryhmiin esimerkiksi niiden historiallisen kehityksen perusteella. Tällöin on kuitenkin aina erotettava kaksi pääryhmää:

- valuseokset, jotka soveltuvat sekä ilman muovipäällystettä että muovilla

päällystettynä valupaikkoihin, -kruunuihin ja -siltoihin

- päällepolttoseokset, joita käytetään keraamisilla massoilla päällystettyinä. Taulukossa 1 esitetty ryhmittely perustuu jalometalliseosten kehityshistoriaan. Kun yksin Saksan markkinoilla on käytössä yli 830 seosta, on taulukkoa pidettävä hyvin karkeana yleiskatsauksena.

Erityisten hammastekniikkaan tarkoitettujen jalometalliseosten kehittäminen alkoi 1920-luvulla. Kun Taggart oli Yhdysvalloissa vuonna 1905 keksinyt hammastekniikkaa varten uudelleen jo pronssikaudella tunnetun lost wax –valumenetelmän ja kehittänyt tätä varten valulaitteiston, alettiin kehittää menetelmään sopivia hammasseoksia. Ne olivat aluksi koruteollisuuden käyttämiä 20 – 22 karaatin kultaseoksia. Pian kuitenkin huomattiin, että ihmisen suun olosuhteita varten tarvittiin uusia seoksia, joiden kehittäminen alkoi ensimmäisen maailmansodan jälkeen.

Kuten taulukosta 1 näkyy, perustuivat ensimmäiset hammasmateriaalit hopea-palladiumseoksiin. Niitä pidettiin lähinnä hätäseoksina, sillä maailmansodan jälkeen ei kultaa juurikaan ollut saatavilla. Osoitautui kuitenkin hyvin pian, että näillä seoksilla oli merkittäviä varjopuolia: ne eivät olleet täysin syöpymisenkestäviä, ja niillä oli taipumusta värin muuttumiseen. Kultapitoisuutta lisäämällä voitiinkin 1930-luvulla saavuttaa kulta-hopea-palladium -seoksilla huomattavasti parempia ominaisuuksia. Näitä seoksia kutsuttiin vaaleankeltaisen värinsä vuoksi valkokullaksi. 1940-luvulla kehitettiin lopulta kulta-platinaseokset. Ne ovat edelleenkin jalometallivaluseoksista käytetyimpiä. Kun seosten kulta- ja platinametallipi-

toisuus on yli 75 %, täyttävät ne hyvin sekä hammasteknisen valmistuksen että suun olosuhteiden vaatimukset. Tämä seosryhmä on aivan samoin kuin valkokultaryhmä ja hopea-palladiumseosten ryhmäkin kokenut metalliopillisen tietämyksen kasvaessa ominaisuuksissaan suuria edistysaskeleita. Siksi nämä kolme seosryhmää ovat vieläkin erilaisilla markkinaosuuksilla käytössä.

Toisen pääryhmän hammastekniikan jalometalliseoksissa muodostavat päällepolttoseokset (taulukko 1). Nämä seokset ovat huomattavasti uudempia kuin tavanomaiset valuseokset. Niiden menestyksellinen käyttö alkoi vasta 1960-luvun alussa, vaikka kokeiluja metallirakenteiden päällystämiseksi hampaiden värisellä ja kudosystävällisellä hammaskeramiikalla oli tehty jo vuosikymmeniä aikaisemmin. Lopullinen läpimurto tapahtui kuitenkin vasta lähes puhtailla kulta-platinametalliseoksilla, jotka eroavat sekä kokoomukseltaan että ominaisuuksiltaan selvästi kulta—platina -valuseoksista. On mielenkiintoista, että päällepolttoseosten kehitys tapahtui päinvastaiseen suuntaan kuin valuseosten, so. aluksi olivat käytössä runsaasti kultaa sisältävät seokset. Vasta vuodesta 1975 lähtien alkoi erityisesti Yhdysvalloissa kullin ja siten kustannusten säästämiseksi kulta-palladiumseosten käyttö lisääntyä. Silloiset keramiikkamassat reagoivat hyvin voimakkaasti hopeapitoisista seoksista muodostuvan hopeaoksidin kanssa värjäten ne ruskehtaviksi tai vihertäviksi. Siksi täytyi pian kehittää hopeavapaita kulta-palladiumseoksia. Tämä koski myös vuodesta 1975 alkan markkinoilla olleita palladium-hopeaseoksia, joissa oli hopeaa jopa 40 %.

VALUSEOKSET

1920 – 1930 **Hopea-palladium –seokset (EN ISO 8891)**
 alle 10 % Au
 20 – 30 % Pd
 60 – 70 % Ag
 loppu Cu, Zn jne.

1930 – 1935 **Kulta-hopea-palladium –seokset (EN ISO 8891)**
 n. 50 % Au
 5 – 10 % Pd
 loppu Ag, Cu, Zn jne.

1940 – 1950 **Kulta-platina –seokset (EN ISO 1562)**
 n. 70 % Au
 5 – 10 % Pt-metalleja
 5 – 10 % Ag
 loppu Cu, Zn jne.

PÄÄLLEPOLTTOSEOKSET (EN 29693)

Noin 1960 **Kulta-platina –seokset**
 80 – 90 % Au
 10 – 20 % Pt-metalleja
 loppu In, Sn, Fe jne.

1970 alkaen **Kulta-palladium –seokset**
 40 – 50 % Au
 20 – 40 % Pd
 0 – 20 % Ag
 loppu In, Sn jne.

1975 alkaen **Palladium-hopea –seokset**
 50 – 60 % Pd
 25 – 40 % Ag
 loppu In, Sn, Au jne.

1982 alkaen **Palladiumseokset**
 70 – 85 % Pd
 loppu Cu, In, Sn, Ga, Co jne.

Hopeavapaiden palladiumseosten kehittäminen osoittautui niin vaikeaksi, että tämä seosryhmä tuli markkinoille vasta vuonna 1982. Sekä kulta-palladiumseoksilla että palladiumseoksilla oli vaikeutena saada ne sopimaan yhteen perinteisten keraamimassojen kanssa. Seosten lämpölaajenemiskertoimet olivat joko liian korkeita (hopeapitoisilla) tai liian alhaisia (hopeavapilla). Myös suuremmat valuvälykset sekä huonompi valu- ja työstökäyttäytyminen vaikeuttivat korkean kultapi-

toisuuden omaaviin seoksiin verrattuna hammasteknisen laboratorion toimintaa. Sitä vastoin kestävyys suussa ja värin pysyvyys olivat lähes taattuina. Kullan käyttö hammastekniikassa näyttääkin erityisesti vuodesta 1990 lähtien taas voimakkaasti nousevan. Kullan käyttö tähän tarkoitukseen olikin koko maailmassa vuonna 1993 noin 60 tonnia. Toiseksi tärkeimmän hammastekniikan käyttämän metallin, palladiumin kulutus oli samaan aikaan noin 38 tonnia.

Hammaseosnormien laatiminen on viime vuosina edistynyt sekä kansainvälisesti (ISO) että Euroopassa (EN) suhteellisen nopeasti. Voimassa olevat tai suunnitellut normit näkyvät taulukossa 1 eri seosryhmien yhteydessä. Hammaseokset kuuluvat EU-direktiivin 93/42/ETY (14.6.1993) mukaan teveydenhuollon tuoteluokkaan II a. Tätä direktiiviä on kaikissa EU-maissa noudatettava viimeistään 14.6.1998.

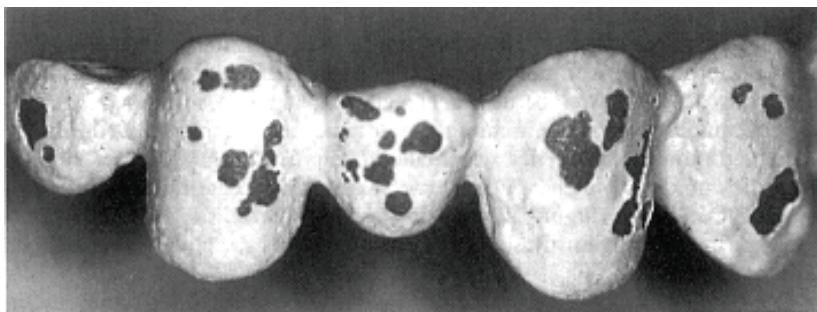
Vaatimukset hammaslaboratorion työskentelyn kannalta

Keskeiset vaatimukset jalometalliseosten käsittelemiselle hammaslaboratoriossa ovat seosten valukäyttäytyminen, niiden muokattavuus (esim. jyrästä ja kiillotus), sovitustarkkuus, juotettavuus tai hitsattavuus sekä yhteensopivuus keraamien kanssa.

Sulatusmenetelmä vaikuttaa huomattavasti seosten valukäyttäytymiseen. Tärkeimmät sulatusmenetelmät ovat: sähkövastuskuumennus, induktiosulatus ja sulatus avoimella propaani-happiliekillä.

Yksinkertaisinta on toimia sähkövastus-sulatusuunilla. Se on myös sulatettavan seoksen kannalta varovaisin menetelmä, eikä sulan ylikuumeneminen ole käytännöllisesti katsoen mahdollista; toisaalta se on myös aikaavievin menetelmä. Sulatuksessa käytettävä grafiittiupokas lyhentää sulatusaikaa ja muodostaa osittain palaessaan pelkistävän suojakaasun, joka suojaa sulaa hapettumiselta. Grafiittiupokasta voidaan käyttää kaikille jalometalliseoksille lukuunottamatta palladiumseoksia, jotka voivat liuottaa upokkaasta hiiltä. Induktiosulatus on huomattavasti nopeampi sulatustapa. Mikäli mahdollista, käytetään siinäkin grafiittiupokasta. Sulatus avoimella liekillä tuntuu aluksi antiikkiselta menetelmältä. Oikealla liekinsäädöllä voi kokenut työntekijä kuitenkin saada erittäin hyviä tuloksia ilman suuria laitteisto- ja mittaustekniikkakustannuksia. Pelkistävä liekki suojaa sulaa, kuumentaa upokkaan ja synnyttää toivotun lämpötilanlaskun valumuotissa. Valukappaleen jäähdytminen tapahtuu tällöin pakostakin ohjattuna, so. alkaen valukappaleen siitä osasta, joka on valukanaaleja vastapäätä. Näin saadaan aina valu, jossa ei ole kutistumiskonaloita.

Toinen tärkeä tekijä kutistumiskonalojen välttämiseksi valussa on seoksen



Kuva 1. Moniosainen etuhammassilta ensimmäisen keramiikkapolton jälkeen kun perusmassassa on ollut kuplia.

hienorakeinen rakenne. Tämän lisäksi on seoksen tasalaatuisuus tärkeää sen käyttäytymiselle suussa. Hienorakeisuutta edistävät lisäaineet (esim. iridium, rodium, rutenium, renium) samoin kuin sopivat lisäaineet, jotka vaikuttavat erkaantumiskinetiikkaan valumuotissa vallitseissa jäähtymisolosuhteissa, mahdollistavat kulta- ja palladiumseosten laajan käytön hammastekniikassa.

Kriittisiä rakenteiden kestävyuden kannalta suussa ovat pintahuokokset, jotka voivat johtua esim. sulan väärästä lämpötilasta tai valukappaleen väärästä sijainnista valumuotissa. Sellaiset huokokset vaikuttavat myös keraamipäällysteen laatuun. Jopa suhteellisen pienet huokokset pinnassa voivat poltossa, lämmitettäessä kappale huoneenlämpötilasta 950°C:een, synnyttää kuplia huokosten sisältämän ilman laajentumassa 50-kertaiseksi. Kuvan 1 sillassa nähdään perusmassassa lukuisia kuplia, jotka ovat voineet syntyä joko metallipinnan huokosista tai epäpuhtauksista. Palladiumpohjaisilla seoksilla voi syynä olla myös hiilen liukeneminen metalliin muottimassasta tai grafiittu-pokkaasta.

Metallokeramiassa täytyy sovittaa yhteen kaksi ominaisuusiltaan täysin erilaista materiaalia, metalli ja keraami. Tämä materiaalien yhdistäminen onnistuu pysyvästi vain kun tietyt ominaisuudet sopivat yhteen. Tämä vaatimus koskee mm. lämpölaajenemiskerrointa. Kuvassa 2 on esitetty hammastekniikassa käytettävien eri seosryhmien lämpölaajenemiskertoimet.

Kuvasta 2 nähdään, että jalometalliseosten lämpölaajenemiskertoimet vaihtelevat välillä 13,8 – 15,2 (m/m.K). Hopeavapilla seoksilla on pieni kerroin kun taas paljon hopeaa sisältävät seok-

set ovat alueen toisella laidalla. Metallin ja keraamin välttämätön lämpölaajenemisen yhteensopivuus on mahdollista ja se saavutetaan polttovaiheen oikealla ohjauksella. Keraamien lämpölaajenemiskertoimeen voidaan merkittävästi vaikuttaa jäähtytysnopeudella polttolämpötilasta. Sopivuus metalliseoksen suureen laajenemiskertoimeen saadaan aikaan jäähdyttämällä keraami hitaasti, kun taas metallin pieni lämpölaajenemiskerroin kompensoidaan keraamin nopealla jäähdytyksellä. Kuitenkin metalliseoksen laajenemiskertoimen ollessa alle 14,0 tai yli 14,5 (m/m.K voi syntyä virheitä keraamiin muodostuvien sisäisten jännitysten johtuessa halkeamiin tai särkymisiin. Tämä koskee erityisesti vetojännityksiä, joita keraamit kestävät puristusjännityksiin verrattuina vain rajoitetusti. Jäähdytysvaiheessa pitäisi siksi metalliseoksen kutistuman olla aina vähän suuremman kuin keraamin, so. metalliseoksen lämpölaajenemiskertoimen olisi oltava hieman suurempi kuin keraamin.

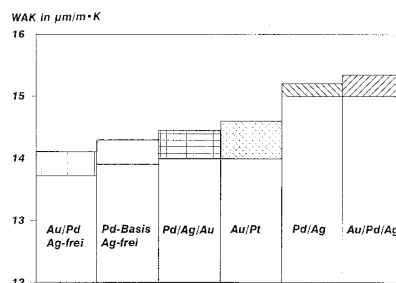
Jännitysten jakautuminen keraameissa riippuu lisäksi metallirakenteen ja keraamikerroksen paksuuksista. Edullista on paksu metallirakenne ja mahdollisimman ohut keraamipäällyste. Tämä ei kuitenkaan yleensä ole käytännössä toteutettavissa. Suuret poikkeamat tästä nyrkkisäännöstä voivat aiheuttaa keraamissa vetojännityksiä edellä mainitun seurauksin. Tärkeä nyrkkisääntö metalli-keraamitoille onkin tämän vuoksi, että metallirakenne on muotoiltava mahdollisimman anatomisesti oikein, jotta keraamikerrokselle voidaan antaa lähes tasavahvuinen kerrospaksuus.

Jalometalliseosten juottamiseksi on olemassa jalometallijuotteita, joiden käyt-

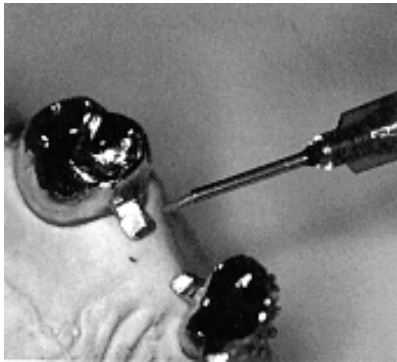
tölämpötila sopii ao. seokselle, so. käyttölämpötilan täytyy aina olla seoksen soliduslämpötilan alapuolella. Toinen tärkeä näkökohta juotosainetta ja metalliseosta valittaessa on, että juotosaineen on kokoomukseltaan oltava mahdollisimman lähellä juotettavaa seosta. Tämän vuoksi on kaikkia metalliseosryhmiä varten olemassa omat, niille sopivat juotteet. Jos tästä peruseriaatteesta täytyy poiketa esim. palladiumpohjaisten seosten kohdalla, on juottamisessa odotettavissa vaikeuksia. Juotokselle haluttu lujuus, joka EN 29333:n mukaan on vähintään 350 N/mm², riippuu juotteen ja perusmetallin hyvästä kostutuksesta samoin kuin juotteen ja perusmetallin atomien riittävästä diffuusiosta rajapinnan läpi. Eri metalliseoksia varten kehitetyt omat juotteet täyttävät hyvin nämä vaatimukset.

Hammaseosten juottaminen "vierailta" juotteilla on ongelmallista, ja tällöin on noudatettava erikoisohjeita. Tämä koskee erityisesti juottamista polton jälkeen. Näissä uunijuotoksissa suositellaan, että työskentelylämpötila on vähintään 50°C korkeampi kuin juotteelle suositeltu. Juotettavan kohdan ehdoton puhtaus, sopivan juoksujuotteen käyttö samoin kuin juotossauman leveys korkeintaan 0,2 mm on myös huomioitava.

Ongelmallisena juotoksena voidaan mainita koboltti-kromi-valuseoksen ja kulta-platinaseoksen yhdistäminen. Kultajuotetta käytettäessä kostutetaan koboltti-kromiseoksen juotoskohta yleensä ensin korkealla sulavalla nikkelipitoisella juotteella. Tämä menetelmä on suhteellisen vaativa, koska siinä täytyy käyttää kahta erilaista juotet-



Kuva 2. Eri hammaseosryhmien keskimääräisiä lineaarisia lämpölaajenemiskertoimia (WAK) lämpötilavälillä 25 – 600°C.



Kuva 3. Kultajuotospastan annostelu ennen koboltti-kromi -kiinnitysverkon sijoittamista paikalleen kahden kulta-platina -sekundäärikruunun väliin.

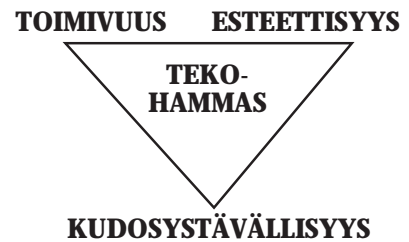
ta ja tarvitaan kaksi työvaihetta. Lisäksi näissä yhdistämisissä on juotoskoh- ta usein hankalassa paikassa. Yksi mahdollisuus ratkaista tämä ongelma helpommalla tavalla on esitetty kuvassa 3. Normaalin nauha- tai lankajuotteen sijasta käytetään tällöin juotospastaa, joka sisältää sekä pulverimuotoisen juotteen että sopivan juoksutteen ja joka voidaan annostella jo ennen varsinaista juotostapahtumaa. Tässä esimerkissä suoritetaan koboltti-kromi -kiinnitysverkon juottaminen kulta-platina -sekundäärikartiokruunuun. Juotospastan annostelun jälkeen voidaan kiinnitysosa sijoittaa paikalleen. Molempien osien juottaminen on näin mahdollista huolimatta muuten luokse- pääsemättömästä juotosraosta. Juottamisen sijasta käytetään liittämisen menetelmänä enenevästi myös laser- ja plasmahitsausta, jotka on jo kauan sit- ten todettu käyttökelpoisiksi. Lukuisia käyttömahdollisuuksia on jo kokeiltu ja näistä on erityisesti alhaisen lämmön- johtavuuden omaavien seosten, esim. palladiumseosten hitsaus todettu edul- liseksi. Myös liimaaminen, erityisesti rakenneosien liimaaminen yhteen osa- proteeseissa on viime vuosina saavut- tanut pysyvän sijansa liittämisen metel- mänä hammastekniikassa.

Vaatimukset käyttäytymiselle suussa ja kudosystävällisyys

Hammaseosten kestävyydelle suussa on keskeistä niiden kemiallinen ja sähkökemiallinen käyttäytyminen ympä-

röivässä syljessä. Siitä lähtien kun ham- masmateriaaleina on käytetty erikois- seoksia, ovat seosten valmistajat otta- neet huomioon niiden kestävyysvaati- mukset suun olosuhteissa. Tähän on- kin kiinnitetty huomiota jo 1920-luvulta alkaen. Kestävyuden arviointi on tosin tähän päivään asti ollut lähes yksin- omaan mahdollista vain seuraamalla seosten korroosioikäyttyymistä syljes- sä. Korroosion vaikutus on usein, ei kuitenkaan aina, hammaspaikan värin muuttuminen. Syy on helppo selittää. On jo kauan sitten havaittu, että seos- ten jalous tai passivoituvuus on tässä ratkaisevaa. Jalometalliseosten osalta on siten johtopäätöksenä, että niiden kulta- ja platinametallipitoisuuden on oltava mahdollisimman korkea, jotta seos on riittävän jalo ja siten pysyvä suun olosuhteissa. Kuva 4 esittää tulok- sia kokeista, joissa on käytetty eri ko- koomuksen omaavia jalometalliseok- sia. Tuloksista näkyy kuinka värinmuu- tostaipumus kasvaa selvästi, kun kulta- ja platinametallipitoisuus laskee alle 60 prosentin. Lisääntynyt terveystietoisuus ja moni- naiset ihmiseen kohdistuvat ympäris- tökuormitukset ovat tehneet hammas- seosten käyttäytymisen ihmissuussa kiinnostavaksi. Tähän asti tärkeimpinä vaatimuksina pidettyjen toiminnallisuu- den ja estetiikan lisäksi on kolmanneksi vaatimukseksi tullut kudosystävällisyys (kuva 5).

Kudosystävällisyys on seosten valura-



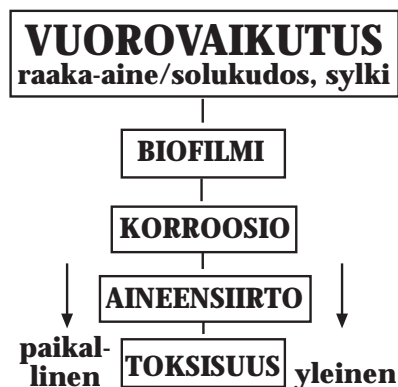
Kuva 5. Kolme tärkeintä vaatimusta ham- mastekniikassa.

kenteen ja valun laadun kautta suoras- sa riippuvuussuhteessa niiden korroo- siokäyttäytymiseen. Mahdollisesti odo- tettavissa oleva tai todellinen materiaa- lien korroosio suuontelossa vapauttaa korroosiotuotteita, esim. metalli-ione- ja, jotka vaeltavat ympäröiviin kudok- siin ja voivat niissä aiheuttaa toksisia reaktioita. Syntykö todella myrkytys- tila riippuu liuenneiden metalli-ionien laadusta ja määrästä. Korroosio voi, vaikkakaan ei kaikissa tapauksissa, sit- ten aiheuttaa myrkytystilan. Valuraken- ne korroosion aiheuttajana riippuu mm. seoksen kokoomuksesta. Sellaiset seokset, joiden kokoomus johtaa mo- nifaasiseen valurakenteeseen, ovat suun olosuhteissa helposti syöpyviä jos niiden eri faaseilla on selvästi toisistaan poikkeavat sähkökemialliset potentiaa- lit. Korroosio voi johtua myös materi- aalin virheellisestä käsittelystä. Esimer- kiksi pintahuokokset aiheuttavat paikal- lisia korroosioelementtejä, jotka havai-

Kuva 4. Jalometallihammaseosten värinmuutostaipumus ammoniumsulfidiliuoksessa.



Kuva 6. Säteensuuntainen kuva poisvedetystä hampaasta, jossa on amalgaamitäyte ja kultakruunu.



Kuva 7. Kaaviollinen kuvaus vuorovaikutuksesta raaka-aineen ja syljen tai solukudoksen välillä.

taan värinmuutoksina. Metalliseosten pinnalla tapahtuvien värinmuutosten syyinä on usein seosten kemiallinen syöpyminen syljen vaikutuksesta ja hopea- tai kuparisulfidien muodostuminen. Sähkökemiallinen korrosio johtuu ns. galvaanisten parien muodostumisesta johtavan elektrolyytin, esim. ihmissyljen aiheuttamien sähkökemiallisten potentiaalien johdosta. Tämä potentiaali voidaan suussa olevan metallikohteen, esim. amalgaamipaikan osalta mitata. Sähkökemiallisen potentiaalijan ajamana voi metalliseokista liueta positiivisesti varautuneita metalli-ioneja, joiden laatu ja määrä riippuvat potentiaalikorkeudesta sylkiväliaineessa. Jos kaksi erilaista metalliseosta joutuu keskenään kontaktiin, voi niiden välille erilaisen sähkökemiallisen potentiaalieron aiheuttamana syntyä sähkövirta. Näin tapahtuu jos esim. amalgaamipaikka ja kultakruunu ovat yhteydessä toisiinsa. Jos kontakti on pysyvä, lakkaa virta vähitellen eristävän reaktiokerroksen muodostuessa eri seosten väliin. Siitä huolimatta on aina pyrittävä välttämään erilaisten hammasseosten jatkuvaa kosketusta toisiinsa. Äärimmäisenä esimerkkinä on kuvassa 6 säteensuuntainen näkymä poisvedetystä hampaasta, johon on mesiaalisesti puristettu amalgaamitäyte aina sidekudosalveon saakka amalgaamin ollessa jatkuvasti kontaktissa kultakruunun reunan kanssa. Elohopean aiheuttaman kultaseoksen vahingoittumisen lisäksi on tapahtunut myös amalgaamin voimakasta syöpymistä. Usein havaittava korroosionmuoto on rakokorroosio, joka etenee samoin kuin pintahuokosten paikallisparit. Rakokorroosiota havaitaan kobolttikromiseoksista valetuissa proteeseissa, joissa muovin ja metallin rajalle satunnaisesti syntyy rako, johon tunkeutuu sylkeä. Huono hapensaanti rakoon aiheuttaa galvaanisen parin muodostumisen, joka voi johtaa jopa korroosiomurtumaan, jos läsnä on vielä juotoskohta. Edelläolevasta voidaan todeta, että hammasproteesin metalliseoksen valmistuslaatu ja sen rakenteellinen muoto vaikuttavat oleellisesti sen korrosiokäyttäytymiseen. Kuvassa 7 esitetään kaaviollisesti metallin, solukudoksen ja syljen välinen vuorovaikutus suussa. Tässä vuorovaikutuksessa on tärkeä osa metallin pinnalle muodostuvilla mikro-organismeilla ja niiden hajoamistuotteilla sisältävällä kerroksella, ns. biofilmillä, joka vai-

kuttaa tähän vuorovaikutukseen ja määrää mahdollisen korroosion voimakkuutta.

Erityisesti tämä yksilöllisesti hyvin erilaiseksi muodostuva biofilmi aiheuttaa sen, että suuontelossa tapahtuvan korroosion tutkiminen esim. in-vitro -kokeilla on hyvin vaikeaa, se jopa kyseenalaistaa nämä suuontelon ulkopuolella tehtävät kokeet. Suuonteloa voidaan pitää ekosysteeminä, joka on n. 10^{13} mikro-organismien ainoalaatuinen elinympäristö, jota huuhtelee päivittäin n. 0,5 litraa sylkeä. Sitä vuoraa n. 170 cm^2 suun limakalvoa ja n. 40 cm^2 hammaspintaa. Tällaisen ihmisestä toiseen vaihtelevan ekologisen systeemin matkiminen keinotekoisesti in-vitro -kokeilla on lähes mahdotonta.

Metallipintojen korrosiotuotteet ovat vuorovaikutuksessa syljen sisältämien entsyymien tai valkuaisaineiden kanssa ja kulkeutuvat myös solukudoksiin, joissa ne voivat aiheuttaa paikallisia tai yleisiä myrkytystiloja. Hammasproteesien käyttäytymistä suussa voidaan edellä sanotun perusteella arvioida vain kliinisillä kokeilla tai, kuten tähän asti on ollut käytäntönä, monivuotisen kliinisen kokemuksen perusteella. Jos saain määrin edustavaan kokeeseen pitäisi osallistua ainakin 100 koehenkilöä. Lääketuotteiden kliiniset kokeet määritellään normilla EN 514.

Vaikka suun olosuhteita edelläolevan mukaan on äärimmäisen vaikeaa jäljitellä, on kuitenkin kehitetty kansainvälisten normien, esim. ISO 1562 mukaisia in-vitro -korrosiotestejä. Koekappaleet valmistetaan hammasmekanisten vaatimusten mukaisissa valuolosuhteissa ja pidetään 7 päivää 0,1 molaarisessa maitohappo-suolahappo-korroosio-liuoksessa. Korrosioliuokseen liuennneiden metalli-ionien laatu ja määrä mitataan atomiabsorptiospektroskoopilla (AAS) tai induktioplasmaspektroskoopilla (ICP). Edellyttäen, ettei metallipinnalla ole valuvirheitä, liukenevat metalli-ionit tässä testissä kemiallisella tai sähkökemiallisella korrosiolla. Tämäkin mallikoe antaa kuitenkin vain eri metalliseosten suhteellisia eroja korrosiokäyttäytymisessä. Tästä kokeesta selviytyvät kultariikkaiden seosten lisäksi palladium-hopea- ja palladium-hopea-kulta-seokset erittäin hyvin. Tätä menetelmää käyttäen on kehitetty korroosionkestävää kultaseosta, josta liukeni tinaa vain ICP-spektroskoopin analyysitarkkuuden (alle 0,1 $\text{g}/\text{cm}^2 \times 7 \text{ pv}$) verran. Kun nykyään

keskustellaan paljon palladiumseoksista, on myös keskustelu palladiumvapaita kultarikkaista päällepolttoseoksista lisääntyneet. Erikoiskovia palladiumvapaita seoksia ei ole ollut saatavilla, ja niitä oli siis kehitettävä. Toivotun lujuuden saavuttamiseksi lisätään seoksiin yleensä sinkkiä. Tällaisen sinkkipitoisen seoksen korroosiokokeessa kuitenkin todettiin, että siitä liukeni sinkki-ioneja paljon yli hyväksytyt rajarvon $100 \text{ (g/cm}^2 \times 7 \text{ pv)}$. Verrattaessa näitä uusia seoksia normaaleihin palladiumpitoisiin päällepolttoseoksiin on uusien seosten kohdalla varauduttava huomattavasti suurempiin korroosionopeuksiin, mikä ei varmastikaan ole etu.

Galvanokruunut

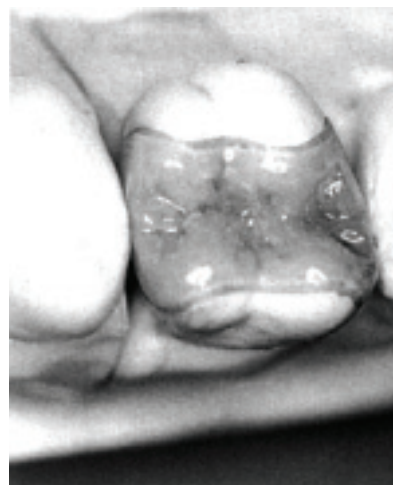
Materiaalien kudosystävällisyyttä ja myrkyllisyyttä koskevan nykytietämyksen mukaan ovat puhtaat metallit kuten kulta, platina tai titaani rajoituksetta parhaat hammastekniset raaka-aineet. Titaania käytetäänkin jo kruunu- ja siltamateriaalina. Sen haittapuolia ovat kuitenkin vaikea valmistustekniikka ja huono ulkonäkö. Platinaa on jo kauan käytetty keraamiikkakruunujen suojaamiseen. Tällöin käytetään platinafoliota, joka täytyy kuitenkin tinata. Hienokulta on kruunu- tai siltamateriaaliksi sekä foliona että valettuna liian pehmeää. Elektrolyyttinen pinnoitus kullalla sitä vastoin johtaa kruunupäällysteenä viisinkertaiseen kovuuteen valuaan verrattuna. Menetelmä säästää lisäksi aikaa ja antaa keraamipäällysteelle kauniin ulkonäön. Elektrolyyttisesti valmistetut valupaikat ja yksittäiskruunut ovatkin jo koettua tekniikkaa, kun taas siltojen osalta on vielä tarjolla erilaisia ratkaisumahdollisuuksia.

Elektrolyysissä saostetaan 99,99-prosenttista hienokultaa kultasulfitti-aminokompleksiliuoksesta. Saostusnopeus on n. 0,25 (m/min, riittävän kerrospaksuuden ollessa 150 – 200 (m). On itsestään selvää, että mallipilarin suora elektrolyyttinen päällystys on kappaleen mittatarkkuuden kannalta ihanteellinen ratkaisu. Kiinnittämiseen tarvittavan sementtikerrospaksuuden säätämiseksi voidaan mallipilari välilakata ennen sähköä johtavan hopealakan sivelyä. Puhtaalla kullalla pinnoitettu galvanokruunu päällystetään normaalein menetelmin keraamilla. Hienokullan lämmin väri tukee, varsinkin

ohuissa reunakohdissa, keraamin esteettistä vaikutusta. Galvanoteknisessä valupaikassa näkyy kapea kultasauma, joka peittää luonnollisen hammaskiilteen ja keraamipäällysteen välisen raon.

Hammastekniikan kolme vaatimusta: toimivuus, esteettisyys ja kudosystävällisyys tulevat siten galvanokruunuja käytettäessä kokonaan täytetyiksi.

Alkuperäinen artikkeli "Edelmetall-Dentallegierungen – Eigenschaften und Anwendungen" on julkaistu saksalaisessa *Erzmetall*-lehdessä vuoden 1995 numerossa 4, ss. 240 – 248. Saksan kielestä käänntänyt tekn. lis. Tapio Tuominen.



Kuva 8. Keraamisesti päällystetty galvanoinlay kipsimallilla.

KURSSIT KESÄ-SYKSY -98

• PLAY-SAFE

- hammassuojakurssi
12.6.98 klo 8.30-15.30
Pludent Oyj

• IMPLANTTIHOITO TÄNÄÄN – peruskurssi

- implanttiprotetiikka ja attasementit
11-12.9.98 Tuohilampi Oriola oy Hammasväline

• **KUITULUJITTEISET MUOVIT – uusia mahdollisuuksia hammaslääkäreille ja hammasteknikoille**
kurssinro 13 (Pekka Vallittu, Raimo Lehtonen, Raimo Moberg, Liisi Sewón, Juha Talonpoika)
18.9.98

Hammaslääketieteen laitos, Turku

Sirpa Laakso, puh (02) 333 8337,
Telefax (02) 333 8356, Sähköposti:
Sirpa.Laakso@utu.fi

• PROTEESIN KORJAAMINEN JA POHJAAMINEN

kurssinro 27998 (Hemmo Kurunmäki, Pekka Vallittu)
kohderyhmä: yleishammaslääkärit, erikoistumiskoulutuksessa olevat hammaslääkärit ja hammasteknikot osanottajia 40
hinta 950.-
10.10.98 klo 9.00-16.00 Helsinki SHS ja SHTS
24h palveluautomaatti 0600-92418
ilm. viim. 8.9.98

Galvotekniikan kurssi

- **SYYSKUU 1998** (päivämäärä vielä avoin)
- **PAIKKA: Hammasteknikko-opisto**
- **HINTA n. 2 500 mk/kurssi** (sisältää materiaalit jne.)
- SHTS ry järjestää kaksi kahden päivän mittaista työkurssia Galvotekniikasta/AGC ja Captek-tekniikka

Kurssin tarkoituksena on antaa valmiudet/valmistaa AGC/Captek -tekniikoilla tehtäviä kruunuja/siltoja. Kurssien pitäjänä toimii HTM Bjørn Borten, Norjasta

SITOVAT ILMOITTAUTUMISET/TIEDUSTELUT
Esko Kähkönen 040-558 1481