

Kulta- ja muut valuseokset siltoihin ja kruunuihin

Hammaslääketiede asettaa jatkuvasti uusia ja suurempia vaatimuksia hammasmetalliseoksille. Täyttääkseen nämä vaatimukset, teollisuus tuo markkinoille koko ajan uusia seoksia.

Kosmeettisten vaatimusten lisäksi on otettava huomioon käytettävien hammasmetallien ja metallokeramiikan mahdolliset kudosta herkistävät tai allergisoivat vaikutukset. Hammastekniikan on tärkeää tuntea jokapäiväisessä työssään näiden monien metalliseosten fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet, kuten myös niiden työstämisominaisuudet. Monet näistä metalliseoksista ovat hyvin tarkkoja valutekniikan suhteen. Erikoistiedot näiden materiaalien käytön rajoituksista ja erityisvalmiudet niiden työstämiseen ovat välttämättömiä, jotta työn tulokset olisivat vaatimusten mukaiset.

Hammasmateriaalien valmistajat tekevät parhaansa kouluttaessaan hammas-tekniikkoja tuntemaan ja käyttämään hyväkseen uusien hammasmetalliseosten etuja. Tämä koulutus ei kuitenkaan ole tarpeeksi objektiivista auttaakseen hammas-tekniikkaa valitsemaan kilpailevien tuotteiden välillä. Siinä auttaa vain tämän alan perusteellinen tuntemus.

Valumenetelmien tekninen tutkiskelu vaatii tarkkaa tietoa valuseoksista. Tämän artikkelin tarkoituksena on välittää perustavanlaatuisia tietoja kulta- ja muiden valuseosten käsittelystä.

Karaatti ja hienous

Karaatin määritelmä

Seoksen karaatti on puhtaan kullan määrä 24 osassa seosta. 24 karaatin kulta on puhdasta kulta. 22 karaatin kulta on seos, jossa on 22 osaa puhdasta kulta ja kaksi osaa muita metalleja. 18 karaattia tarkoittaa, että seok-

seksa on 18 osaa 24:stä puhdasta kulta.

Hienouden määritelmä

Kultaseoksen hienousarvo on puhtaan kullan osuus tuhatta yksikköä kohti. Kun seoksessa on kolme neljäsosaa puhdasta kulta, se merkitään hienous/750. Puhdas kulta on hienous/1000. Seoksen kultapitoisuus prosentteina on hienousarvona ilmaistuna kymmenkertainen. Karaatti ja hienous ovat alla olevassa suhteessa suoraan verrannollisia, ja vaihto yksiköstä toiseen käy helposti:

$$\text{Karaatti} / 24 = \text{hienous} / 1000$$

Koostumus

Hammasmetalliseokset jaotellaan koostumukseltaan pintakovuuksien mukaan. Pintakovuus on verrannollinen lujuuteen, eli mitä kovempi pinta, sitä suurempi lujuus. Kultaseoksen koostumusta harkittaessa on tärkeää ottaa huomioon se, että seoksessa on riittävästi jalometallia. Se voi muuten suun olosuhteissa värjäytyä. Seoksen sulamispisteen tulisi olla riittävän alhainen, jotta seos voitaisiin sulattaa tavallisilla laboratorion menetelmillä.

Yleisvaikutukset

Kulta (Au)

- Kulta on kullanväristen seosten pääainesosa.
- Värin antamisen lisäksi sen päätehtävänä on estää seoksen värin muuttuminen. Seoksen värin pysyvyys on lineaarisessa suhteessa kullan osuuteen lisättyihin perusmetalleihin nähden. Kulta-atomien määrän pitäisi olla vähintään yhtä suuri kuin perusmetalli-atomien, jotta saavutettaisiin riittävä korroosio- ja värin pysyvyys suoja. Tämän perusteella hammaseoksen kul-

tapitoisuuden tulisi olla vähintään 75 painoprosenttia.

- Kulta parantaa seoksen muokattavuutta.
- Se lisää ominaispainoa.
- Yhdessä kuparin kanssa se vaikuttaa kultaseosten lämmönkestävyyteen.

Kupari (Cu)

• Kuparin päätehtävänä on lisätä kovuutta ja lujuutta. Esim. puhtaan kullin Brinell-kovuus on niinkin alhainen kuin 32. Jo 4 % kuparia nostaa kovuusarvon 54:ään. Kulta-, hopea- ja kupariseosten kovuus lisääntyy suorassa suhteessa, aina kuparipitoisuuteen 20 % asti.

• Kuparin lisäys aiheuttaa kovettumista kultaan, platinaan, palladiumiin ja hopeaan yhdistettynä. Seoksessa pitää olla yli 4 % kuparia, jotta se vanhenee lämpökäsittelyssä. Kun kuparia on 8-25 %, ilmenee helposti vanhenemiskarvenemista.

• Kupari laskee seoksen korroosio- ja värinmuutoskestävyyttä, ja siksi sen käyttöä hammasmetalliseoksissa onkin rajoitettu.

• Kupari laskee seoksen sulamispistettä. Lisäksi sillä on taipumusta alentaa sulamisalueen ylä- ja alarajoja.

• Tavallisissa pitoisuuksissaan kultaseoksissa kupari parantaa muovattavuutta.

• Kuparilla on taipumusta tuoda oma punertava värinsä seokseen.

Hopea (Ag)

• Hopea vaikuttaa yhdessä kuparin kanssa seoksen lämpökäsittelyyn.

• Hopealla on sen lisäksi taipumusta aiheuttaa seoksiin valkoista väriä.

• Hopea vahvistaa sitä kullin keltaista väriä, jonka kuparin punertava väri neutralisoi.

• Yhdessä palladiumin kanssa se parantaa kultaseoksen muovattavuutta.

• Hopeaa voidaan käyttää kullan asemasta vähäisin vaikutuksin mekaanisiin ominaisuuksiin, mutta silloin korroosionkestävyys voi laskea.

Platina (Pt)

- Platina on riittävänä pitoisuutena tehokas kultaseosten kovettaja.
- Se nostaa värinmuutos- ja korroosiokestävyyttä ja vaikuttaa sulamispisteeseen. Hammaskultaseokset jähmettyvät yleensä n. 1000 C:ssa. Merkittävän jähmettymislämpötilan nousun välttämiseksi platinapitoisuuden ei pitäisi ylittää 3-4 prosenttia.
- Se reagoi kullan ja kuparin kanssa ja aiheuttaa voimakasta kovettumista.
- Platinan suurin etu on kustannuksista (materiaalintoimittajien kannalta).

Palladium (Pd)

- Koska palladium on platinaa halvempaa, sitä käytetään hammasmetalliseoksissa platinan korvikkeena. Tämän korvattavuuden mahdollistavat palladiumin lähes platinankaltaiset ominaisuudet.
- Sen kovetusvaikutus on vielä suurempi kuin platinan
- Kultaa ja platinaa alhaisemman ominaispainonsa ansiosta sitä voidaan käyttää seoksen ominaispainon alentamiseen.
- Vaikka palladium sulaa platinaa alhaisemmassa lämpötilassa, se on tehokkaampi seoksen sulamislämpötilan kohottamisessa.
- Valuseoksissa sitä tulisi käyttää vähemmän kuin platinaa. Uudenaikaisissa seoksissa palladiumia käytetään

yleensä platinan ohella.

- Palladium vahvistaa ja kovettaa kultaseoksia, mutta ei kuitenkaan yhtä tehokkaasti kuin platina.
- Palladium tekee seoksen valkoisemmaksi kuin eräät muut valkaisevat ainesosat. 5-6 % palladiumia tekee seoksesta varmasti valkoisen.

Sinkki (Zn)

- Sinkkiä lisätään pieninä määrinä oksidien sitomiseksi.
- Se sitoutuu kaikkiin seoksen oksideihin ja parantaa seoksen valettavuutta.
- Yhdessä palladiumin kanssa sinkki parantaa kovuutta.
- Se tekee seoksen valkoiseksi.

Indium (In)

- Jotkut valmistajat käyttävät indiumia pieninä pitoisuuksina vähemmän höyrystyvänä oksideja sitovana ainesosana.
- Se auttaa myös tasaisen raekoon ja juoksevuuden saavuttamisessa.
- Indium kovettaa seoksen.
- Palladium-hopea-seoksissa suuremmat määrät indiumia aiheuttavat keltaisen värin.
- Indium ei hapetu ilmassa eikä vedessä.

Tina (Sn)

- Yhdessä palladiumin ja platinan kanssa tina auttaa karkaistumisessa.
- Normaaliassa ilmassa se ei muuta väriään.
- Se tekee seoksen hauraammaksi.
- Tinaa lisätään myös kultaisiin hamaštuotteisiin

Gallium (Ga)

- Galliumia käytetään etupäässä kompensoimaan pienentyneitä lämpölaajenemiskertoimia, joita esiintyy hopeatomissa metalli-kerami-seoksissa. Hopeattomat seokset vähentävät merkittävästi metallin ja keraamin välisten rajapintojen taipumusta värjäytyä vihreäksi.
- Galliumin oksidit ovat tärkeitä keraamin sitomisessa metalliin.

Nikkeli (Ni)

- Nikkelin merkitys kulta- ja palladiumseoksissa on vähäinen, mutta se on epäjalojen hammaseosten ainesosa.
- Kun sitä lisätään pieninä määrinä kultapohjaisiin seoksiin, ne tulevat valkoisemmiksi ja kovemmiksi.

Hammasvaluseosten toiminnallisia tuntomerkkejä

Kovuus / Jäykkyys

Kovuus tai jäykkyys on kimmoisen muodonmuutoksen kestävyyttä, ja sitä kuvaa kimmokerroin. Tämä ominaisuus on tärkeä pitkäaikaisissa silloissa sekä metallirunkoisissa osaproteesseissa. Palladiumpohjaiset seokset ovat kovempia kuin vastaavat kultaseokset.

Joustavuus

Kykyä absorboida mekaanista energiaa ilman plastista muodonmuutosta nimitetään joustavuudeksi. Metallikerami-seoksissa on tärkeää, että rasituksen aiheuttama vääntymä on pieni, ja sen myötä hauras lasikeraamikerros

Seoksen ainesosien vaikutus kultaan

ALKUAINE	ALUE	LUJUUS	VÄRI	SULAMISKÄYRÄ	LAAJENEMINEN
Toivottu vaikutus	<10	+++	-	++	---
Pt	<10	+	-	-	-
Pt	<20	++	--	+	--
Pd	<10	++	---	++	---
Ag	<5	+	-	-	+
Fe, Sn, In	<1	+++	-	-	+
Zn, In	<2	+++	+++	-	-- ++
Rh	<1	+	+	+	-
Mn	<2	++	-	--	++
Ta	<2	+	+	+	-

tulee tuetuksi. Joustavuuskerroin annetaan suhteellisuusrajan neliönä, jaettuina kaksinkertaisella kimmokertoimella:

$$R = P^2 / 2E = P/2 \cdot e_m$$

R = joustavuuskerroin
P = suhteellisuusraja
e_m = taipuisuuskerroin
E = kimmokerroin

Määritelmiä

Kimmo-*raja*:

Aineen kimmo-*raja* on suurin rasitus, jonka alaiseksi aine voidaan asettaa ja jonka poistamisen jälkeen aine palautuu alkuperäisiin mittoihinsa. Se on siis enimmäisrasitus, jonka aine voi kestää ilman pysyvää muodonmuutosta.

Suhteellisuusraja:

Suurin jännitys, johon asti jännitys on suoraan verrannollinen venymään.

Kimmo-*kerroin* (*Young's Modulus*):

Aineen elastisuutta kuvataan kimmo-*kertoimella*. Kimmo-*kerroin* ilmoittaa aineen jäykkyyden elastisen alueen sisällä.

Jäykkyys:

Aineen kyky vastustaa pysyvää muodonmuutosta. Se osoittaa sen energian määrän, joka tarvitaan aineen rasittamiseen suhteellisuusrajalle asti.

Yhteensoveltuvuus hampaiden pinnoituskeräämien kanssa

Kimmo-*kerroin*, lämpölaajenemiskerroin ja lämmönjohtokyky ovat yhteensoveltuvuuteen vaikuttavia tekijöitä. Metallin täytyy muodostaa pintaoksideja, jotka täyttävät seuraavat kriteerit:

- Ne eivät saa olla myrkyllisiä.
- Ne eivät saa värjätä pinnoituskeräämiä.
- Ne eivät saa vaikuttaa lämpölaajenemiskertoimeen.
- Niiden täytyy olla täysin liukenevia keraamiin.
- Ne eivät saa olla liian paksuja.
- Ne eivät saa muuttaa muotoaan useiden polttokäsittelyjen aikana.

Punssa-*skyky*

Sovitus-*tarkkuus* riippuu valettavuuden lisäksi myös siitä, miten helposti metalliseos on punsattavissa. Metallireuna voidaan punsata vain, jos käsitelystä voitetaan metallille ominainen kovuus ja jos metalli venyy helposti. Punssa-*skyky* riippuu siis niin juoksevuudesta ja venymästä kuin kovettumisasteesta ja kimmokertoimestakin.

Korroosio-*kestävyys*

Kaikkien hammasmetalliseosten perusvaatimus on korroosio-*kesto*. Metalliseoksesta ei saa liueta sylkeen mitään myrkyllisiä korroosiotuotteita. Metalliseoksen pitää käyttäytyä inertisti ja säilyttää tämä ominaisuus kliinisessä käytössä. Hypokloriittiliuokset ja muut klooriyhdisteet, joita esiintyy hammaspuhdistusaineissa, aiheuttavat korroosiotota kromipitoisissa metalliseoksissa.

Väsymis-*lujuus*

Väsymis-*lujuus* on metalliseoksen kyky kestää toistuvaa muodonmuutosta elastisella alueella. Se voidaan mitata vain kliinisin rasitustestein. Tämä testi tulisi suorittaa syljessä, sillä väsymisilmiöt vaihtelevat erilaisissa syövyttävissä ympäristöissä.

Painuman *kestävyys*

Tämä on metalliseoksen kyky vastustaa kappaleen omasta painosta johtuvaa plastista muodonmuutosta polttamisen ja juottamisen aikana. Tämä *kestävyys* riippuu seoksen sulamislämpötilasta. Seokset, joilla on korkeampi sulamispiste, vastustavat yleensä paremmin muodonmuutoksia polttamisprosessin aikana. Nopea karkaisu on toinen tapa parantaa *kestävyyttä* korkeissa lämpötiloissa.

Sovitus-*tarkkuus*

Tämä on valuseoksen kyky jäljentää täydellisesti mallin muoto, mikä on tärkeää erityisesti suurissa, kiinteissä proteeseissa. Sekä itse metalli että myös valuolosuhteet ovat ratkaisevia. Yksi tärkeimmistä tekijöistä on valoksen kutistuminen.

Valoksen *kutistuminen*

Jotta saavutettaisiin hyväksyttävä tulos, jäähmettymisen ja jäähtymisen aikana tapahtuva metallin kutistuminen on kompensoitava. Eri seoskoostumuksilla on erilaisia kutistuvuusarvoja. On olen-

naista tuntea eri metallien kutistumisominaisuudet, jotta ne voitaisiin kompensoida oikein valuprosessissa.

Työstämistä-*ntumerkkejä*

Käyttötarkoituksesta riippumatta - olkoon kyseessä täysmetallikruunu, metalli-*keraami-restauraatio* tai irrotettava osaproteesi - valuseoksilla tulisi olla eräitä työstämistä-*ntumerkkejä*:

- Niiden pitäisi olla helppoja valaa. Seoksen pitää olla helppo sulattaa käytettävissä olevilla valuvälineillä, muodostaa vain vähän kuonaa sulatettaessa ja täyttää muotti nopeasti.
- Niiden pitäisi olla helppoja juottaa. Sulan juotteen tulee kostuttaa seoksen pinta hyvin ja muodostaa hyvät sidokset. On tärkeää, että jalometalliseokset voidaan esi- ja uunijuottaa.
- Niiden pitäisi olla helppoja punsata. Eräs tärkeä vaatimus niin inlay- kuin kruunu- ja siltaseoksillekin on se, että hammaslääkärit pystyvät työstämään niitä. Murtovenymä jaettuna kovuudella on punssa-*skyky*.

Ominaisuudet ja merkitys

Valuseoksilla ei ole sulamispistettä, mutta koska ne koostuvat eri alkuaineista, niillä on sulamisalue. Seoksen työstämisen kannalta tärkeää on kiinteän ja sulan alueen välinen etäisyys. Tämän etäisyyden tulisi olla pieni (kapaa puuroalue), jotta metalliseos ei olisi valun aikana pitkää aikaa sulassa olo-*muodossa*. Jos seos on valun aikana pidemmän aikaa osittain sulana, epätoivottujen oksidien ja epäpuhtauksien muodostumisen riski kasvaa.

Seoksen likviduslämpötila määrää sen esilämmityslämpötilan, käytettävän laitteen tyypin ja valamiseen käytettävän lämpölähteen. Voidaan pitää selvänä, että esilämmön on oltava 500 C likviduslämpötilaa alempi.

Likviduslämpötila määräytyy seoksen koostumuksen mukaan. Jos seoksessa on merkittävä määrä alkuainetta, jolla on korkea sulamispiste, todennäköisesti myös seoksen likviduslämpötila on korkea.

Soliduslämpötila on tärkeä sekä juotettaessa että muokattaessa, koska molempien toimenpiteiden aikana seoksen muodon pitäisi säilyä ennallaan (juotoslämpötilan tulee olla solidus-*pistettä* alhaisempi)

Tiheys

Sulatetun seoksen tiheys on tärkeä kaadettaessa sitä valumuottiin. Suuritiheyksiset seokset virtaavat nopeammin ja täyttävät valumuotit yleensä nopeammin.

Lujuus

Seoksen lujuus voidaan mitata myös myötärajan tai venymän avulla. Vaikka venymä osoittaa seoksen maksimivahvuuden, vetolujuus on hammastöissä olennaisempi, sillä se on se rasitus, joka aiheuttaa seoksen muodonmuutoksen. Vetolujuus on hammastöissä pätevä maksimilujuus. Keraamiin vaikuttavat voimat vähenevät, kun metalli kestää plastisen muodonmuutoksen käytön aikana. Korkea vetolujuus sallii ohuiden metallirakenteiden käytön, mutta lujuuden tulee olla noin 50-60 % korkeampi kuin kulta-platina-seoksissa, ennen kuin saadaan aikaan merkittäviä kliinisiä etuja.

Kovuus

Kovuus on hyvä merkki seoksen kyvystä vastustaa pysyviä deformaatioita okklusiorasituksen aikana. Vaikka suhteet ovat monimutkaisia, lujuus saavutetaan kovuuden kautta. Kovuus antaa tietoja siitä, miten vaikeaa seosta on painekiillottaa, hioa ja sovittaa paikalleen. Suurikovuuksisilla seoksilla on korkea myötäraja.

Venymä

Venymä on seoksen muokattavuuden mitta. Kruunu- ja siltakäytössä venymän suuruus ei ole mikään ongelma, koska seoksen pysyviä deformaatioita ei haluta. Silti venymä näyttää sen, voiko seosta punssata. Seokset, joilla on korkea laajenemisarvo, voidaan punssata yksinkertaisesti niitä murtamatta.

Kimmokerroin

Seokset, joilla on korkea kimmokerroin, vähentävät keramiikkaan kohdistuvaa rasitusta. Hyvin korkeat kimmokertoimet aiheuttavat kuitenkin jäähdytettäessä keramiikkaan rasitusta. Tätä jännitystä ei voi tasoittaa metallideformaatiolla, joten se voi aiheuttaa halkeamia. Voimakas metallideformaatio vaikuttaa tietenkin pinnoitukseen.

Lineaarinen lämpölaajenemiskerroin

Tämä tärkeä lämpöominaisuus määrittellään pituuden muutoksena aineen

pituusyksikköä kohti lämpötilan muuttuessa yhden asteen. Metallikeraamiyhdistelmissä on tärkeää, että metalliseoksen lämpölaajenemiskerroin on korkeampi kuin pintakeraamin. Tämä tarkoittaa, että keraami joutuu polttamisprosessissa puristusjännitykseen. Jos seoksen lämpölaajenemiskerroin on alhaisempi kuin pintakeraamin, keraami joutuu vetojännitykseen. Tämä johtaa varmasti keramiikkavirheisiin.

Joka tapauksissa seoksen ja keraamin lämpölaajenemiskertoimien eron tulisi olla mahdollisimman pieni.

Kirjoittajan osoite:

Prof. Dr. Albert van Niekerk
SPRINGBOK Dental Handelsgesellschaft mbH
c/o Hoechst AG Kalle-Albert
Rheingaustrasse 190
D-65203 Wiesbaden

Kirjallisuus

1. *Asgar, K.* Evaluation of alternative alloys to type 3 gold for use in fixed prosthodontics. J Am Dent Assoc 93, 622 (1976).
2. *Craig, R G.* Restorative Dental Materials. 10. painos. Mosby, Boston 1997.
3. *Lofstrom, L. H.:* A comparison of some alternative dental casting alloys. J Mich Dent Assoc 62, 443 (1976).
4. *McLean, J. W.:* The Science and Art of Dental Ceramics. Quintessence Publ., Chicago 1980.
5. *Naylor, W. P.:* Introduction to Metal Ceramic Technology. Quintessence Publ., Chicago 1992.
6. *Phillips, R. W.:* Science of Dental Material. 10. painos. Saunders, Philadelphia 1996.
7. *van Niekerk, A. J.:* Dental Ceramics. SPRINGBOK Dental Gesellschaft mbH (Saksa) 1995.

AKVARELLEJA JA ÖLJYVÄRIMAALAUKSIA

Suulla maalattujen taulujen myyntinäyttely 1.6.-12.6.1998 klo 9-16

Itämerenkatu 2 HELSINKI
KYNNYS ry:n tiloissa
Rauni Yli-Urpo (Tirri) puh. 09-855 0110

Tervetuloa näyttelyyn ja avajaisiin 1.6.1998 klo 16-19