

# Epäjalot metallit hammaskruunuissa ja -silloissa

JOHN E TIBBALLS,  
BERIT I ARDLIN

*Hammaslääketieteessä käytettyjä epäjalosta metalleista valettuja seoksia löytyy runsaasti. Uusien rautaa sisältävien koboltti-kromiseosten lisäksi, tämä joukko sisältää myös titaania. Hammaslääkärit Pohjoismaissa voivat vastaanotoillaan törmätä myös metalliseoksiin, jotka ovat suosittuja muualla maailmassa, esim. nikkeliseoksiin USA:sta ja halvempiin kuparipohjaisiin alumiini-pronssiseoksiin potilailla jotka on aiemmin hoidettu Itä-Euroopassa tai Latinalaisessa Amerikassa. Seuravana NIOMille (Nordisk Institutt for Odontologiske Materialer) esitettyjä kysymyksiä epäjalojen metallien käytöstä proteettisessa hammashoidossa.*

## Mitä käsite ”epäjalo” tarkoittaa?

Kemiassa metallin jalous viittaa metallin kykyyn vastustaa ilman hapen aiheuttamaa hapettumisreaktiota. Metalleista kulta, platina ja palladium ovat hyvin huonosti reagoivia. Ne muodostavat jalometalliryhmän huonommin tunnettujen metallien, kuten rodiumin, reniumin, iridiumin ja osmiumin kanssa. Loput metalliset alkuaineet kuuluvat epäjaloihin. Huomattavaa on, että hopea ei kuulu jaloihin metalleihin, koska se reagoi helposti ilman, veden ja rikin kanssa ja siten värjäytyy. Pieniä määriä hopeaa sekoitetaan usein jalometalleihin, mutta tällaiset lejeeringit eivät kuulu epäjaloihin seoksiin.

Hammashoidossa käytettyjen standardien mukaan (1, 2) epäjalo tarkoittaa metalliseosta, jossa on vähemmän kuin 25 % jaloja metalleja. Useimmista epäjalossa metalliseoksissa ei käytetä jaloja metalleja ollenkaan, koska ne eivät paranna seoksen ominaisuuksia.

## Mitkä metalliseokset ovat epäjalot?

Hammaslääketieteessä käytettävät epäjalot metallit ja epäjalot metalliseokset voidaan jakaa useampaan ryhmään:

- Perinteinen koboltti-kromiseos yhdessä useiden uusien muunnosten kanssa, joissa koboltti on kasvavassa määrin korvattu raudalla. Tärkeä laatuksiteeri on että hiilisältö on alhainen, jotta voidaan välttää heikentävien hiilifaasien muodostuminen. Koboltti-kromiseokset ovat vahvempia ja jäykempiä kuin jalot metalliseokset.
- Sekoittamattoman titaani on sekä vahvaa että jäykkää ja sillä on hyvä korroosion vastustuskyky; näin se muistuttaa hammaslääketieteessä käytettyjä jaloja metalliseoksia. Valamista varten titaani vaatii kuitenkin erityisen laitteen. Titaani hapettuu helposti ja sitoo pelkistysreaktion kautta pintaansa metalleiden ainesosia mm. valumassasta. Tämä tekee titaanista vaikean valaa. Titaania varten on kehitetty oma matalalämpötilainen posliinin polttomenetelmä.
- Valettava titaaniseos, joka olisi vahvempi ja jolla myös olisi titaanin biologiset ominaisuudet, on monien hammasteknikkojen ja -lääkäreiden toivelistalla korkealla.
- Pohjoismaissa käytetään vähän nikkeliseoksia, mutta USA:ssa ne ovat laajalle levinneitä. ISO-standardit (1, 2) tarkastettiin ja korjattiin vuonna 2002 kieltäen berylliumia sisältävät metalliseokset. Berylliumia on lisätty tiettyihin seoksiin valuominaisuuksien parantamiseksi. Beryllium voi kuitenkin aiheuttaa hammasteknikoille pölykeuhkotaudin hionnassa vapautuvaa pölyä tai beryllium höyryjä hengitettäessä.
- Alumiinipronssit ovat kupariseoksia, jotka muistuttavat ulkonäöltään kultaa. Pohjoismaissa niitä ei kuitenkaan käytetä eivätkä ne sovel-

lu metallokeramisiin kruunuihin. Pohjoismaisten hammaslääkäreiden täytyy kuitenkin huomioida, että espanjan- ja portugalinkielisillä alueilla sekä Pohjois- että Etelä-Amerikassa niitä on käytetty useiden kymmenien vuosien ajan hammaslääketieteessä. Lisäksi niitä on käytetty Itä-Euroopassa.

Metalliseosten laajentunut kirjo on johtanut uuden ISO-standardin laatimiseen, ISO 16744 (1). Tämä standardi kattaa kiintoprotetiikan epäjalot metallit ja täydentää kahta muuta osastandardia (2) jotka kattavat vain koboltti-kromi- ja nikkeliseokset.

## Miten epäjalot metalliseokset soveltuvat hammaslääketieteelliseen käyttöön?

Kolmen metallin – titaanin, jota käytetään sekoittamattomana kiintoprotetiikassa, ja alumiinin sekä kromin, jotka sekoitetaan muiden metallien kanssa – pääpiirre on, että joutuessaan kosketukseen ilman kanssa niiden pinnalle muodostuu oksidikerros. Oksidikerroksella on kaksi tärkeää ominaisuutta: se kiinnittyy lujasti metalliin ja on tiivis. Tätä ilmiötä kutsutaan sähkökemialliseksi passivoitumiseksi. Näin muodostunut oksidikerros ei tuhoutu esimerkiksi kulumalla ja se suojaa metallia korroosiota vastaan.

Metalliseoksen ominaisuuksia voidaan parantaa lisäämällä siihen riittävä määrä uutta metallia. Kromi soveltuu parhaiten lisättäväksi koboltti-, nikke- ja rautapohjaisiin seoksiin. Sen sijaan mikään määrä alumiinia ei kuparipohjaisissa alumiini-pronssiseoksissa aiheuta passivoitumista.

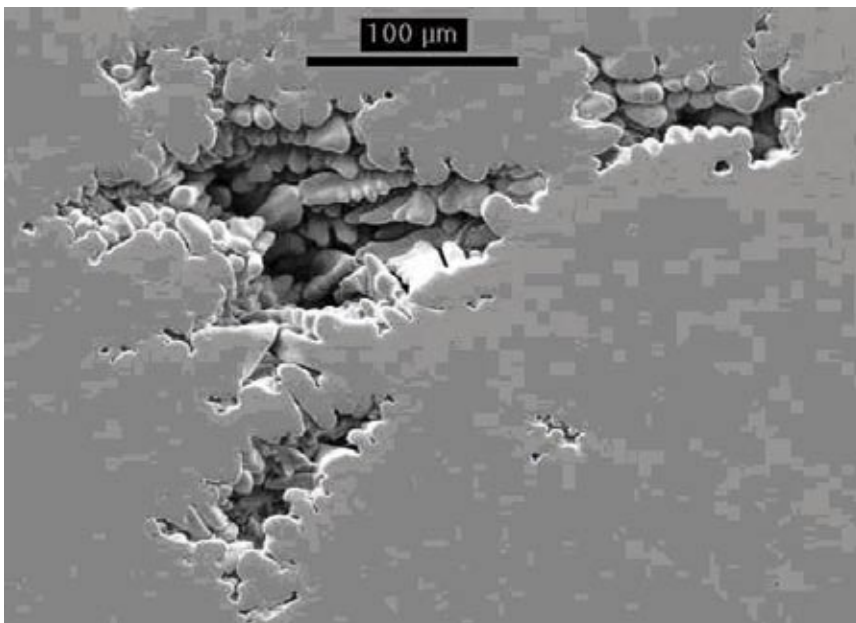
Eräs tutkimus (3) osoitti että jos seos sisälsi vähintään 26 % kromia, ko-

boltti-kromi- ja rauta-koboltti-kromiseosten korroosionopeus suolahappoliuoksessa aleni lämpökäsittelyn (kuten posliinin päällepolton) jälkeen. Passivoitunut happikerros paksuuntui käsitellyn ansiosta. Vertailtavana olleen jalon kultaseokseen korroosioitaipumus lisääntyi posliinin päällepolton vaikutuksesta.

Kyseinen tutkimus osoitti myös kuinka metallin päällyskerroksen hioaminen voi paljastaa pieniä huokosia. Seoksen pinta tulisikin siksi etsata hion jälkeen epäpuhtauksien poistamiseksi huokosista (kuvio 1).

Standardikorroosiotestissä (4), jossa metalli altistettiin maitohappo-/suolaliuokselle viikon ajaksi, löydöksenä oli että sekoittamattomasta titaanista irtoisi suunnilleen yhtä vähän metalli-ioneja kuin kultaseoksesta, mutta koboltti- ja rautaseokset luovuttivat suurempia määriä (3). Nikkeli-berylliumseos korrodoitui voimakkaammin kuin nikkeli-seos ilman berylliumia. Tällä standarditestillä jäljiteltiin olosuhteita plakin alla. Muut tutkimukset osoittavat, että jotkin alumiini-pronssiseokset korrodoituvat voimakkaasti maitohappo-/suolaliuoksessa, ja myös suolaliuoksessa ilman happoa (5) joskin keinosyljessä korrosio oli hieman vähäisempää (6).

**Voidaanko epäjaloa metalliseosta käyttää, jos suussa on jo joitain**



**Kuvio 1.** Kuvassa näkyvät huokokset paljastuivat koboltti-kromi-rautametalliseosta hiottaessa. Jokaiseen huokoseen päätyy epäpuhtauksia valun aikana.

**muuta epäjaloka metalliseoksia, jaloka metalleja tai titaani-implantteja?**

Virran johtumisen ja täten korroosion edellytyksenä vaaditaan yhteys kruunun/sillan ja elektrolyytin, esimerkiksi syljen, välillä. Lisäksi metallien tulee sijaita sähkökemiallisella asteikolla kaukana toisistaan. Titaani sijaitsee hyvin alhaalla asteikolla, ja tämän vuoksi toisten metallien kanssa saattaa muodostua huomattavia potentiaalieroja. Näin syntyvät pienet värjäymät kuitenkin poistetaan niiltä metallipinnoilta, jotka ovat syljen kanssa kosketuksissa.

Laboratoriomittaukset (7) osoittavat, että potentiaaliero titaanin ja koboltti-kromiseosten välillä pienenee ajan kuluessa. Tämän vuoksi pitäisi epäjaloka metalleista tehtyjä proteeseja seurata värjäytymisen ja metallin pintavaurioiden varalta.

Korroosioriski kasvaa jos erilaisia koboltti-/rauta-kromiseoksia käytetään yhdessä. Laboratoriotutkimukset osoittavat, että kyseinen riski riippuu metalliseosten sijainnista suuontelossa, läheisyydestä toisiinsa, ja syljen laadusta. Koska jo valmiiksi suussa olevien varsinkin kiinteiden proteesien metalliseoksen määrittäminen on lisäksi on hankalaa, proteesien kliininen seuranta on tärkeää.

**Kaikki metalliseokset luovuttavat metalli-ioneja, mutta mitkä metallit ovat ei-toivottujen biologisten reaktioiden suhteen suurin riski?**

Elimistön reaktio metalleille vaihtelee allergisista reaktioista paikallisiin ärsytysoireisiin ja edelleen toksisiin vaikutuksiin solu- ja elintasoilla. Kosketusallergia metalliyhdistelmiä kohtaan on yleistä. Nikkelille reagoi epikutaani-testissä noin joka kuudes testatuista. Kromille ja koboltille reagoi noin joka kahdestoista väestöstä. Reaktiot raudalle ja titaanille ovat minimaalisia (8).

Useiden raporttien mukaan metalli-ionit voivat aiheuttaa reaktioita solutasolla (9), toisaalta in vitro kokeet eivät välttämättä vastaa monimutkaisia olosuhteita suuontelossa. Siksi on tärkeää, että hammaslääkärit pitävät kirjaa sekä käyttämistään materiaaleista että mahdollisista reaktioista potilaillansa.

**Minkälaisista apua on saatavissa metalliseoksia valittaessa?**

Jos metalliseoksen ilmoitetaan noudattavan asianmukaista standardia (esimerkiksi ISO-standardia), täytyy selosteen sisältää tieto seoksen koostumuksesta ja fysikaalisista ja mekaanisista ominaisuuksista. Koostumusta voidaan verrata potilasmerkintöjen tietoihin ei-toivottujen reaktioiden mahdollisesti ilmetessä. Tietoja fyysisiä ominaisuuksia, kuten tiivyyttä, lämpölaajenemista ja sulamispistettä, käytetään pääasiassa hammasteknisessä laboratoriossa valomisen ja posliinin päällepolton yhteydessä. Mekaaniset tekijät: kimmomoduuli, vahvuus, kovuus ja murtumakesto muodostavat perustan seoksen käyttöalueen valinnalle. Nämä ominaisuudet on määritelty standardien tyyppiluokituksissa.

Kobolttia tai nikkeliä sisältävät epäjalot metalliseokset ovat ainakin yhtä vahvoja kuin kaikkein kovimmat, tyyppiluokka 4:n jalometalliseokset. Lisäksi ne ovat lähes 200 GPa kimmomoduulillaan huomattavasti jäykempiä. Itse asiassa tyyppiluokitusta on nyt ehdotettu laajennettavaksi sisältämään tyyppiluokan 5, joka varattaisiin nikkeliä, kobolttia ja rautaa sisältäville kromiseoksille. Nämä seokset ovat riittävän jäykkiä pinteisiin ja ohuisiin irrotettaviin pro-

# Kysy NIOMilta

■ Neljän Pohjoismaan hammaslääkärilehdet julkaisevat Kysy NIOMilta -otsikon alla hammashoidon materiaaleja kliiniseltä kannalta käsitteleviä artikkeleita. Artikkelit julkaistaan myös Tanskan Tandlægebladetissa, Ruotsin Tandläkartidningenissä sekä Norjan Tannlegeforenings Tidendessä. Koska kaikki hammashoidon tuotteet on CE-merkitty vuonna 1998 säädetyin direktiivin mukaan, on NIOM (Nordisk Institutt for Odontologisk Materialprøving) lopettanut hyväksytyjen tuotteiden listan julkaisemisen. Siksi NIOM on nykyään vähemmän näkyvä vastaanottotyötä tekevä hammaslääkärille. NIOMissa tehdään työtä mm. vapaaehtoisena laatumerkinnän käyttöönottamiseksi, koska CE-merkintä ei takaa, että tuotteet ovat kliinisesti testattuja ennen markkinoille tuloa.

■ Lukijat voivat lähettää NIOMiin materiaaleja koskevia kysymyksiä. Näin saadaan aikaan vuoropuhelu kliinistä työtä tekevien hammaslääkäreiden ja NIOMin välillä.

■ Ruotsin- tai englanninkieliset kysymykset voi lähettää osoitteeseen: instituttchef, prof. Stig Karlsson, NIOM (Nordisk Institutt for Odontologisk Materialprøving), Kirkeveien 71 B, P.O. Box 70, N-1305 Haslum, Norge.

teeseihin. Puhdas titaani kuuluu tyyppipiluokkaan 3. Sen kimmomoduuli on noin 100 GPa, joten sitä voidaan hyvin käyttää yksittäisiin kruunuihin ja pieniin siltoihin.

## Sitoutuvatko epäjalot metallit hyvin muihin materiaaleihin?

Sidosvahvuus päällepolttokruunun eri kerrosten välillä on olennainen tekijä. Päällepolttoposliinin kimmomoduuli on epäjalaja metalleja merkittävästi alhaisempi. Tämä tarkoittaa, että sidokset eri materiaalien välillä ovat paikoittain alttiita suurille mekaanisille jännitteille. Onnistuneen metallokeramisen tekniikan edellytyksiin kuuluu että kerroksittainen posliinirakenne on sekä kemiallisesti että fysikaalisesti metalliseoksen ominaisuuksien kanssa yhteensopiva. Tärkein fyysisistä ominaisuuksista on lämpölaajeneminen. Metallirunko laajenee hiukan enemmän kuin posliini joten jäähtymisen aikana posliini joutuu puristukseen, eikä siihen kohdistu vetoa. Jokaiselle metalliseosryhmälle on oma posliininsa, koska sidosmetalliin perustuu metalliseoksen pintakäsittelyyn (esimerkiksi hiekkapuhallus) ja kemialliseen yhteensulautumiseen jo valmiiksi metallin pinnalla olevan oksidikerroksen kanssa.

Laboratoriokokeiden perusteella on vaikea arvioida muodostuuko sidos

posliinin ja epäjalon metallin välillä yhtä vahvaksi kuin jalometalliseoksen kanssa. Metallin (joko ohuen metallipalkin tai metallisiivun + päällepoltetun posliinin) taivutukseen perustuvat standardit (10), soveltuvat huonosti selvittämään onko metallokeramisen yhdistelmien välissä hyvä vai huono sidos.

Perinteisten koboltti-kromiseosten ja posliinin välisestä sidostamisesta on pitkä kliininen kokemus, mutta on vielä epävarmaa mitä tapahtuu uusien rautaa sisältävien seosten ja matalassa lämpötilassa päällepoltetun posliinin yhdistelmässä. Titaanin kanssa käytetty matalassa lämpötilassa päällepoltettu posliini vaatii myös oikeat alkuvalmistelut jotta sidoskerros voitaisiin käyttää hyödyksi.

## Epäjalojen metallien hinta?

Epäjalojen metallien hinta on alhainen suhteessa jalometallien hintaan, joka ajoittain nousee voimakkaasti maailmanmarkkinahinnan mukana. Tämän vuoksi hammasteknisessä työssä lisäantivässä määrin käytetään epäjalaja metalliseoksia. Sekä kromi- että titaani- pitoisilla seoksilla on korkea sulamisalue ja tarve tehdä valaminen tyhjiössä. Erittäin vahvojen kromipitoisten seosten työstämisestä johtuvat kulut ovat korkeat. Näistä seikoista johtuen epäjalojen ja jalojen metallien hintaero ei

aiheuta suuria muutoksia valmiin prosessin hintaan.

## Kirjallisuus

1. ISO 16744 Dentistry – Base metal materials for fixed dental restorations, International Standards Organisation; 2003.
2. ISO 6871 Dental base metal casting alloys a) Del I Cobalt-Chromium alloys & b) Del II Nickel-based alloys, International Standards Organisation; 1998.
3. Ardlin BI, Dahl JE, Tibballs JE. Static immersion and irritation tests of dental metal-ceramic alloys. Eur J Oral Sci 2005; 113: 83–9.
4. ISO 10271 Dental metallic materials – Corrosion test methods, International Standards Organisation; 2001.
5. Tibballs JE, Erimescu R. Corrosion of dental aluminium bronze in neutral saline and saline lactic acid. Dent Mater 2006; 22: 793–8.
6. Duffo GS, Quezada Castillo E. Development of an artificial saliva solution for studying the corrosion behaviour of dental alloys. Corrosion 2004; 60: 594–602.
7. Oh KT, Kim KN. Electrochemical properties of suprastructures galvanically coupled to a titanium implant. J Biomed Mater Res 2004; 70B: 318–31.
8. Bessing C. Oädla legeringar för metallkeramik: Basmetallegeringar. Kunskapscenter för Dentala MATERIAL 2004. [http://www.sos.se/FULLTEXT/123/2004-123-27/2004-123-27.HTM]
9. Wataha JC. Biocompatibility of dental casting alloys: A review. J Prosthet Dent 2000; 83: 223–34.
10. ISO 9693 Metal-ceramic dental restorative systems International Standards Organisation; 1999.

Kirjoittajat:

*John E Tibballs*

*Senior scientist, PhD (Melb.)*

*NIOM, Nordisk Institutt for Odontologiske Materialer*

*P.B. 70, NO-1305 Haslum, Norge*

*jot@niom.no*

Berit I Ardlin

*Odont.dr.*

*Avdelningen för odontologisk*

*materialvetenskap,*

*Umeå Universitet, Sverige*

**Suom. SH**

*Tekstin tarkasti Prof. Esa Klemetti, Institutt for klinisk odontologi, Universitetet i Tromsø, Norge*