

Titan med digital teknik

– ett alternativ vid implantatbehandling av tandlösa käkar

Autoreferat

Den 21 januari 2005 försvarade tandläkare Anders Örtorp sin avhandling "On titanium frameworks and alternative impression techniques in implant dentistry" vid Göteborgs universitet, Sahlgrenska akademien, Odontologiska institutionen, Göteborg.

Fakultetsopponent var professor Kristina Arvidson Fyrberg, Bergen, Norge. Huvudhandledare har varit professor Torsten Jemt vid specialistkliniken för oral rehabilitering/Brånemarkkliniken och oral protetik/odontologisk materialvetenskap i Göteborg. Biträdande handledare var professor Ann Wennerberg vid avdelningen för oral protetik/odontologisk materialvetenskap i Göteborg.

Det finns flera orsaker till utvecklingen av titanskelett inom implantatbehandling av helt tandlösa käkar. Det är viktigt att få fram en metall, metod eller både och som möjligen kan sänka kostnaden för implantatbehandling. När nya implantatmaterial introduceras måste också fokus vara att minska antalet metaller i munhålan. Användningen av samma material (titan) i komponenterna som i den protetiska konstruktionen kan vara en fördel.

Den "konventionella" tillverkningen av fasta implantatbroar har genomgått få förändringar under det senaste seklet. Tekniken är till stor del baserad på hantverks av gjutna material. Den är svår att rationalisera/effektivisera och personalkrävande.

Titan kan användas för annan teknik vid skelettframställning, till exempel:

- Lasersvetsning av prefabricerade komponenter, vilket användes i de tre första generationerna av Procera® titanskelett på 1980- och 90-talen (Ti-1, Figur 1, Ti-2, Figur 2 och Ti-3).
- Lasersvetsning av gjutna skelett (CrescoTi® Precision™; CTiP).
- Fräsning av titan grad 2 i ett stycke med digital teknik, vilken används sedan slutet av 1990-talet (CNC; Computer Numeric Controlled, Procera® Implant Bridge; PIB, Figur 3).

Det är viktigt att undersöka nya tekniker *in vivo*. Några studier har kartlagt hur de tidiga lasersvetsade titanbroarna fungerade, men långtidsuppföljningar behövs. Långtidsuppföljningar av den senare generationen av titanbroar (CNC) saknas.

Titan har goda biologiska egenskaper och risken för korrosion är liten. Det gör det möjligt att framställa broar på implantatnivå (under slemhinnan). Kortare

distanser kan användas, man kan även utesluta distanser och mekaniskt starkare broskruvkomponenter kan användas. Detta förutsätter dock framställningstekniker av titanskelett med "god" passform till implantaten.

De tidiga lasersvetsade titanbroarna hade en passform som var jämförbar med de konventionellt gjutna broarna av guldlegering. Det finns dock få studier av passformen när det gäller implantat/distanser av den senare generationen CNC-frästa titankonstruktioner. Det finns inte heller några studier som visar vad som sker med passformen när man lagt på fasader av porslin eller akryl. Ingen systematisk undersökning har publicerats inom områdena förspänning och yttråhet i skruvsäten i titanskeletten. För att visa på vikten av dessa aspekter och kunna utveckla implantatbehandling behövde dessa områden studeras.

Kliniska försök med CNC-frästa titanskelett framställda med fotogrammetri (fotografi som används med digital information) har publicerats med goda resultat. "Avtryck" med fotogrammetri med digital information måste dock vidareutvecklas och studeras.

Hypotesen var att titanskelett är jämförbara med konventionella guldskelett vid implantatbehandling, samt att 3-dimensionell fotogrammetriteknik (3-D) är jämförbar med konventionell avtrycks- och modellframställningsteknik för att återge implantatpositioner för skelettframställning.

Syfte

Syftet med avhandlingen var att:

- Studera det kliniska utseendet efter 5 år på implantatunderstödda broar med lasersvetsade ti-

FÖRFATTARE

Anders Örtorp, odont dr, övertandläkare, specialistkliniken oral rehabilitering/Brånemarkkliniken, specialisttandvården, Göteborg.



tanskelett i tandlösa underkäkar samt att jämföra med konventionella guldskelett.

- Utvärdera och jämföra den kliniska och röntgenologiska bilden för implantatunderstödda broar av CNC-frästa titanskelett i helt tandlösa käkar med broar som är baserade på konventionella guldskelett under de första 5 åren som broarna var i funktion.
- Undersöka och jämföra repeterbarheten vid tillverkning av CNC-frästa titanskelett och konventionellt gjutna guldskelett samt att analysera distorsion som orsakas av olika fasadpåläggningar.
- Jämföra förspänningen i skruvretinerade titan- och guldskelett, jämföra förspänningen i titanskelett före och efter fasadpåläggning, samt försöka relatera ytråhet i skruvförband till olikheter i förspänning.
- Testa repeterbarhet och precision med 3-D-fotogrammetriteknik för att återge implantatpositioner *in vitro* samt jämföra denna teknik med konventionella gipsmodeller från två olika avtrycksmaterial.

Delarbete I

Testgruppen omfattade 155 patienter som var helt tandlösa i underkäken. Patienterna fick i genomsnitt 5,3 implantat av två olika typer av lasersvetsade titanbroar. (Broarna var de två första generationernas ProCera lasersvetsade titanbroar; Ti-1 och Ti-2, Figur 1 och 2). I kontrollgruppen ingick 53 patienter med konventionella guldskelett med i genomsnitt 5,3 implantat. Patienterna följdes retrospektivt och data om klinisk och radiologisk bild för de 3 grupperna samlades in under 5 år.

Delarbete II

Testgruppen bestod av 67 broar (23 i maxillan och 44 i mandibeln) med titanskelett som framställdes med CNC-frästekniken (Figur 3). Tekniken innebär i korthet att man följer ett standardprotokoll för broframställning i den tandlösa käken fram till dess att man provat tanduppsättningen. Därefter görs en förlaga i plast. Förlagan skannas och exakt information av implantatens position läggs till genom att man mäter positionen i gipsmodellen med hjälp av en koordinatmätmaskin. När alla data samlats in fräses man ut ett titanskelett (en kopia av förlagan) ur ett titanblock grad 2. Titanskelettet används efter slutjustering av tandteknikern som i sin tur tillverkar den slutgiltiga bron med konventionell teknik (akryl och plasttänder). Kontrollgruppen bestod av 31 broar i maxillan och 31 broar i mandibeln med skelett som tillverkats med konventionell teknik med guldlegering samt med samma fasadmateriell som på titanbroarna.

Patienterna följdes prospektivt. Data om kliniskt uppförande och radiologisk bild samlades in under 5 år.



Figur 1. Den första generationen titanskelett (Ti-1) består av barkomponenter med cylindrar som fogas samman med lasersvetsning.



Figur 2. Andra generationen titanskelett (Ti-2). Efter att komponenterna slipats ner till samma nivå placerades en titanbar i position. Titanbaren svetsas till komponenterna horisontellt med laser.



Figur 3. Fjärde generationen titanskelett. Den slutgiltiga utprovningen med plasttänder satta i vax (överst) fungerar som guide vid tillverkningen av förlagan (nederst). Titanskelettet fräses ut utifrån avläsningen av förlagens koordinater (det "digitaliserade utseendet"). I mitten ses ett fräst titanskelett i ett stycke inklusive cylindrar.

Delarbete III

Tjugo identiska titanskelett framställdes med CNC-frästeknik (delarbete II, Figur 3) från samma ursprungsmodell. Som kontrollgrupp framställdes fem gjutna broar av guldlegering från samma modell. Skeletten mättes med avseende på passform i en koordinatmätmaskin kopplad till en dator. Mätningar skedde under olika steg i produktionen samt efter att man lagt på fasad på titanskeletten.

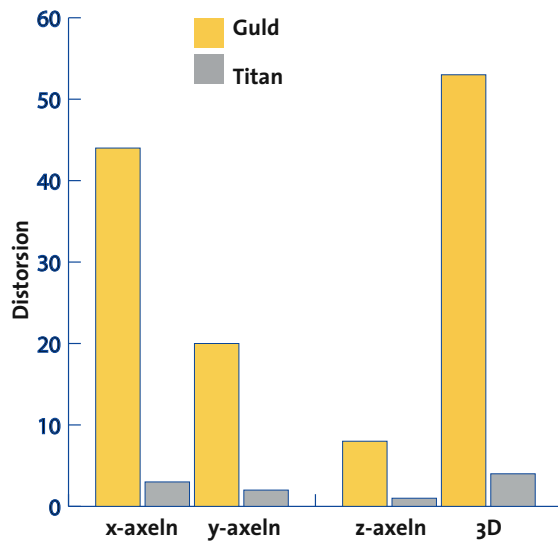
Delarbete IV

Tio identiska CNC-frästa titanskelett och 5 skelett med guldlegering framställdes. Guldskeletten drogs åt till 10 Ncm. Förspänningen mättes dels för guldskeletten samt när det gäller titanskeletten före och efter

Figur 4. 3D-fotografier var analyserade och mätta i en stereoskopisk analytisk plotter.



Figur 5. Medel-distorsion i µm av mittpunkten på skelettens cylindrar med ursprungsmodellen som referens i absoluta tal. Jämförelse mellan titan och guld-skelett innan justering och polering av skeletten.



Figur 6. CNC-fräst titanskelett med en occlusal "hylla" i titan från tand 14 till 24.



fasadpåläggning med porslin eller plast. Mätningar av ytråhet gjordes av titanskelettens skruvsäten efter mätningar av förspänningen. Även på tillhörande guldskrivar analyserades ytråheten.

Delarbete v

Tjugo gipsmodeller framställdes från 10 polyeteravtryck (Impregum®) samt från 10 gipsavtryck (Kühns avtrycksgips) av samma ursprungsmodell. De 20 gipsmodellerna mättes i en koordinatmätmaskin och jämfördes med ursprungsmodellen.

Sex separata 3-D-fotografier togs på ursprungsmodellen med en specialbyggd kamera. Fotografierna mättes i en analytisk plotter (Figur 4). Resultaten analyserades och jämfördes med koordinaterna för ursprungsmodellen och de 20 gipsmodellerna.

Resultat

Delarbete I

Alla patienter som följdes under studien hade en fast implantatbro i underkäken efter 5 år. Fyra implantatbroar i Ti-1-gruppen och två broar i Ti-2-gruppen byttes ut mot nya titanbroar på grund av skelettfrakturer. Ingen guldbro behövde bytas ut men en guldbro som frakturerade lagades på laboratoriet. Cumulative success rate (CSR) för broarna var 95,9 procent för titangrupperna och 100 procent för guldgruppen.

Cumulative survival rate (CSR) för implantaten var 99,7 procent för de titangrupperna och 99,6 procent för guldgruppen. Benförlusten vid implantaten var i medeltal 0,5 mm under en 5-årig uppföljningsperiod.

De vanligaste komplikationerna för titanbroarna var akryl/fasadfrakturer, mucositis samt frakturer av titanskeletten (10 %). Lösa eller frakturerade implantatskruv-komponenter var få (<1 %).

Delarbete II

Antalet komplikationer var lågt och den kliniska och radiologiska bilden för båda grupperna var relativt likvärdig.

Cumulative success rate (CSR) för de CNC-frästa titanbroarna var 98,3 procent och för guldbroarna 98,2 procent. Inga titanbroar frakturerade, medan två guldbroar i maxillan frakturerade. Dessa lagades på laboratoriet och kunde återanvändas.

Cumulative survival rate (CSR) för implantaten var 94,9 procent för titanbroarna och 97,9 procent för guldbroarna. Fler implantat förlorades i titangruppen i maxillan, men skillnaden visade sig inte på patientnivå. Rökare förlorade fler implantat än de som inte rökte. I gruppen med titanskelett var benförlusten i medeltal 0,5 mm i maxillan och 0,4 mm i mandibeln. En likvärdig benförlust återfanns i guldgruppen. Ingen skillnad i benförlust kunde påvisas mellan rökare och icke-rökare.

Fasadfrakturer var den vanligaste komplikationen i båda grupperna och mest förekommande i maxillan hos guldgruppen.

Delarbete III

CNC-frästa titanskelett hade en statistiskt sett bättre passform och repeterbarhet i produktionen jämfört med konventionella guldskelett (Figur 5). Fasadpåläggning med porslin eller plast på titanskeletten påverkade inte passformen.

Delarbete IV

Förspänningen för titan och gulskeletten var likvärdig. Den minskade efter upprepade åtdragningar av guldskraven men var opåverkad av fasadpåläggning på titanskeletten. Ingen korrelation mellan förspänning och ytråhet kunde observeras. Belastade titanskeletts skruvsäten uppvisade ett lägre Sa medel-

värde än ej belastade säten, medan ytan för belastade gulds kruvar hade högre medelvärde för S_a än icke belastade gulds kruvar.

Delarbete v

Ett systematiskt mönster av distorsion återfanns för båda avtrycksteknikerna i x-axeln. Implantatbågens expansion vid de mest distala implantaten var i medeltal 22 μm för fotografierna och 94 μm för gipsavtryckstekniken. Modeller av polyeteravtryck kontraherade i medeltal 52 μm jämfört med ursprungsmodellen.

I absoluta tal återgav fotogrammetrin och polyeter-tekniken både x-axeln och 3-D-parametern signifikant bättre än gipsavtryckstekniken när cylinderns mittpunktsdistorsion bestämdes. Vinkelfelet var dock större i absoluta tal för fotogrammetrin än för någon av de två avtrycksteknikerna.

Kliniska implikationer och framtidsutsikter

Kliniken

De data som publiceras i avhandlingen visar en långsiktig trend med förbättrad implantatöverlevnad, minskad benförlust vid implantaten, färre incidenter av broskelettfrakturer, minskat antal komplikationer och reducerat antal besök för underhåll av konstruktionen. Dessa data indikerar en fortsatt positiv utveckling för implantatbehandling i den tandlösa käken.

Det kvarstår dock en allt för hög andel fasadfrakturer, vilket är tidskrävande och frustrerande för patient och behandlare. Fortsatta studier bör utveckla en strategi för att undvika frakturer i akryl och porslinsfasaderna. Den förbättringen måste ske oavsett vilken metall som används. Tänkbara förändringar är förbättrad resinmatrix och ocklusion på metall ocklusalt/palatinalt i överkäken när det gäller patienter som utsätter tänderna för ogynnsam belastning. (Figur 6). Att föse dessa patienter med en bettskena bör övervägas.

Titan

Tack vare dess fysikaliska och kemiska beskaffenhet fungerar titan för broar i implantatprotetiken. Kombinationen av hög styrka och låg vikt gör att titan och dess legeringar har en mycket hög styrka/viktproportion. Troligen kommer användningen av titan inom protetiken att öka tack vare metallens biokompatibilitet, goda passform, låga materialkostnad och möjligheten att använda digital teknik vid framställningen. Trots att fortsatta studier bör ske inom bland annat apparaturdesign och fasadmateriell till titan ser framtiden ljus ut för titan inom implantatprotetiken.

Framställning av skelett

CNC-frästekniken utvecklades i ett försök att eliminera några av stegen inom konventionell gjutteknik. Detta har inneburit att CNC-tekniken erbjuder ett

mer kontrollerat och förutsägbart gränssnitt mellan skelett och distanser. Genom att lagra information om distansens position digitalt och sedan använda den för att guida fräsprocessen kan man även modifiera utseendet på skeletten innan själva tillverkningen.

Avhandlingens kliniska och experimentella studier visar lovande resultat för den digitala frästekniken. Digitalt frästa titanskelett är ett realistiskt alternativ till konventionellt gjutna guldsbroar i den tandlösa käken och steget med provning av skelettens passform kan utslutas i kliniken tack vare att man kan förutsäga passformen.

Digital avtrycksteknik

Med högteknologi förvärvas data elektroniskt och i denna avhandling testades fotogrammetri med en specialframställd kamera. Den kombinerade tekniken att göra ett "digitalt avtryck" med hjälp av kameran och sedan fräsning av titanskelett visade sig ge god passform och hög repeterbarhet i produktionen.

Troligtvis kommer framtiden att visa att man snabbt på produktionen genom att man kan utsluta tidskrävande steg som finns i konventionell teknik. Eftersom det konventionella avtrycket inte behövs vid fotogrammetri minskas även patientens oro och trauma.

Visionen bör vara att kunna konstruera ett system med "fotogrammetritoppar" som på ett bra sätt kan återge implantatpositionen i bilden. (Tekniken fungerar då även bra på lågt satta distanser samt på fixturnivå.) Återgivningen bör vara med en repeterbarhet på maximalt 10 μm . I dagsläget är dock fotogrammetri och liknande tekniker begränsade till tillverknings-tekniker som baseras på "digitala plattformar" som CNC-frästekniken. Den snabba utvecklingen inom digitaliserade processer kommer dock att fortsätta. Därmed blir datoriserad teknik mer kostnadseffektiv och flexibel.

Konklusion

- Lasersvetsade titanskelett hade lägre lyckandegrad efter 5 år än guldskelett. Lyckandegraden för andra generationen titanskelett var högre än för första generationen, vilket indikerar att det skett en förbättring av skelett framställda med lasersvetsningstekniken.
- CNC-frästa titanskelett är ett jämförbart alternativ till gjutna guldskelett i den tandlösa käken. Den kliniska och röntgenologiska bilden av de frästa skeletten var likvärdig med de konventionella guldskeletten under de 5 första åren.
- Det är möjligt att producera implantatunderstödda titanskelett med väldigt hög precision och repeterbarhet med CNC-frästeknik. Fasadpåläggning med porslin eller akryl påverkar inte passformen för titanskeletten.

- Förspänningen för frästa titanskelett var likvärdig med skelett av guldlegering och förspänningen minskade för båda vid upprepade åtdragningar. Förspänningen för titanskeletten före och efter fasadpåläggning var likvärdig. Icke belastade frästa titanskelettskruvhål hade större ytråhet än belastade, och belastade guldskrivar hade större ytråhet än icke belastade. Det fanns ingen signifikant korrelation mellan ytråhet i skruvsäten och förspänning för fasadpålagda titanskelett.
- Fotogrammetri är ett acceptabelt alternativ för att återge implantatpositioner. Dess repeterbarhet är jämförbar med konventionell avtrycksteknik. Fotogrammetri är dock i dag begränsad till skelettframställning som baseras på digitala plattformar.

Adress:

Anders Örtorp,
Brånemarkskliniken,
Medicinaregatan 12 C,
413 90 Göteborg
E-post: anders.ortorp@vgregion.se

Titan med digital teknik

Opponenten har ordet

Sedan osseointegrerade implantat introducerades för nära 40 år sedan har en ansevärd mängd vetenskapliga artiklar publicerats inom detta område. Merparten av dessa arbeten har varit fokuserade på själva fixturen och integreringen i benet medan de rent protetiska arbetena först på senare år fått ett större intresse.

Anders Örtorp är specialisttandläkare i oral protetik och arbetar sedan många år med implantatprotetik vid Brånemarkskliniken i Göteborg. Parallellt med sin kliniska verksamhet har han även varit engagerad i ett aktuellt forskningsprojekt som lett fram till avhandlingsarbetet "On titanium frameworks and alternative impression techniques in implant dentistry". I avhandlingsarbetet ingår fem delarbeten som samtliga är publicerade alternativt accepterade i internationella tidskrifter av hög vetenskaplig rang.

Ett av vardagens problem för den som arbetar med implantatprotetik är att välja rätt metallkonstruktion för de protetiska arbetena samt att kunna kvalitets-säkra den färdiga produkten så att det bland annat blir en optimal passform mellan den protetiska överstrukturen och implantatkomponenterna. Olika alternativa lösningar finns för att nå det optimala resultatet till exempel avtrycksteknik och framställningsprocedurer för metalldelen i titan eller guldlegering.

Inom metallhanteringen har en stor utveckling skett från konventionell gjutteknik via lasersvetsning av prefabricerade metalldelar till framställning av

Delarbeten

- I Örtorp A, Lindén B, Jemt T. Clinical experiences with laser-welded titanium frameworks supported by implants in the edentulous mandible: a 5-year follow-up study. *Int J Prosthodont* 1999; 12:65–72.
- II Örtorp A, Jemt T. Clinical experiences of computer numeric control-milled titanium frameworks supported by implants in the edentulous jaw: a 5-year prospective study. *Clin Implant Dent Rel Res* 2004; 6:199–209.
- III Örtorp A, Jemt T, Bäck T, Jälevik T. Comparisons of precision of fit between cast and CNC-milled titanium implant frameworks for the edentulous mandible. *Int J Prosthodont* 2003; 16:194–200.
- IV Örtorp A, Wennerberg A, Berggren C, Brycke M, Jemt T. Screw preloads and measurements of surface roughness in screw joints: an in vitro study on implant frameworks. *Clin Implant Dent Rel Res* 2005. Accepted for publication.
- V Örtorp A, Jemt T, Bäck T. Photogrammetry and conventional impressions for recording implant positions: a comparative laboratory study. *Clin Implant Dent Rel Res* 2005; 7:43–50.

metallkonstruktionen i ett helt stycke via datorstyrda program.

Många tandläkare har provat sig fram till en eller flera material och metoder som känns tillfredsställande för framställningen av implantatretinerade broar till helt tandlösa käkar. Det finns dock få jämförande studier som vägleder till ett optimalt handhavande. Anders Örtorp har i sitt kliniska arbete stött på fler av dessa frågeställningar och avhandlingen bygger på retrospektiva och prospektiva kliniska studier samt experimentella analyser för att i detalj studera materialval, framställningssätt och passform.

I ett av delarbetena – en laboratoriestudie – har Anders Örtorp jämfört konventionell avtrycksteknik med fotografisk registrering. Projektet visar lovande resultat och kommer säkert efter hand att få stor betydelse i den kliniska verksamheten.

Utifrån de resultat han funnit i den retrospektiva studien har han planerat den prospektiva studien där försökspersonerna behandlats med suprastrukturer i titan. Som kontrollgrupp använde han patienter med suprastrukturer i guldlegering.

Sammantaget har Anders Örtorp genom sina studier tillfört implantatprotetiken efterfrågade kunskaper. Arbetena och analyserna är dessutom mycket välgjorda. Det är mycket imponerande att en kliniskt heltidsverksam tandläkare med relevanta patientrelaterade frågeställningar använder en stor del av sin fritid till ett så omfattande forskningsprojekt. Anders Örtorp har gjort ett gediget arbete i form av projektdesign, relevanta metoder och analyser med konklusioner av resultaten i avhandlingens samtliga delarbeten. Det är ett mycket imponerande avhandlingsarbete. ○

OPPONENT

Kristina Arvidsson Fyrberg, professor, Bergen, Norge.

