Sirkon í krónu- og brúargerð. Bakgrunnur og tilfelli



ERNA RÚN EINARSDÓTTIR, CAND. ODONT. MS, LEKTOR Í TANN- OG MUNNGERVALÆKNINGUM, TANNLÆKNADEILD HÁSKÓLA ÍSLANDS
ORCID ID: 0000-0002-0580-3406

TANNLÆKNABLAÐIÐ 2026; 44(1): 29-36
doi: 1033112/tann.44.1.3
TENGILL: ERNA RÚN EINARSDÓTTIR, ere@hi.is

ÁGRIP

Greinin fjallar um þróun sirkons (zirconium dioxide, ZrO_2) í tannlækningum á síðustu 15 árum og hvernig breytingar á efnasamsetningu, örbyggingu og framleiðsluferlum hafa haft áhrif á klíníska notkun þeirra. Sirkon hefur orðið eitt mikilvægasta efnið í krónu- og brúargerð vegna mikils styrks, góðrar lífsamrýmanleika og slitþols.
Gerð er grein fyrir þróun mismunandi kynslóða sirkons, sérstaklega stöðugleikaaukandi yttríum tetragonal fjölkristallað sirkons (Y-TZP) og hvernig aukið magn yttríums hefur bætt gegnsæi en jafnframt haft áhrif á styrk og brotþol. Einnig er fjallað um breytingar frá postulínsklæddum sirkonkjörnum yfir í sirkonkrónur, sem hafa dregið úr sprungumyndun postulíns og aukið áreiðanleika.
Greinin fjallar einnig um framleiðsluferil sirkons, þar á meðal duftvinnslu, þjöppun, forsintrun, CAD/CAM tölvuvinnslu og fræsingu ásamt lokasintrun, sem mótar örbyggingu og eiginleika þess. Sérstök áhersla er lögð á hvernig framleiðslugallar, örbygging og sintrun geta haft áhrif á brotþol og endingartíma tanngerva.
Niðurstöður benda til þess að stöðugar framfarir í efnisfræði og framleiðslutækni hafi aukið bæði fagurfræðilega og tæknilega eiginleika sirkons og gert efnið að lykilvalkosti í nútíma tann- og munngervalækningum.

Lykilorð: Sirkon, örbygging, sintrun, Y-TZP, CAD/CAM

INNGANGUR

Heilpostulínskrónur hafa sótt í sig veðrið í tann- og munngervalækningum undanfarin ár. Þær hafa reynst vefjavænar og útlitsgóðar. Jafnframt hefur nákvæmni þeirra við brúnir reynst til jafns á við málmpostulínskrónur. Í fyrstu mætti ætla að heilpostulín myndi ekki standast erfiðar aðstæður í munnholi. Áreiti kemur úr mörgun áttum- frá bitálagi, munnvatni, parafunctionum o.fl. Annað hefur komið í ljós við tilkomu og framfarir sirkon efna.

Á síðastu áratugum hafa ýmis ný postulínsefni, svo sem agnafyllt glerpostulín, fjölkristallað áloxíð og zirconium-oxíð, verið tekin í notkun ásamt nýrri framleiðslutækni, þ.e. tölvustuddri hönnun og framleiðslu (e. CAD/CAM).

Tölvuvinnslan gerir kleift að undirbúa, hanna og framleiða tanngervi á skipulagðan máta. Tímafrekri handavinnu hefur verið skipt út fyrir einfaldari og hraðari framleiðsluferil. Frekari ávinningur er sá að við fræsingu postulínsdiska, sem eru framleiddar eru við stöðluð skilyrði, fylgir aukinn innbyggður styrkur og minni efnisbreytileiki en í handunninni framleiðslu á tannsmíðastofu.

Ýmis postulínsefni sem nýta tölvutækni eru meðal annars feldspar, líþíum dísílikat og nýlega Y-TZP sirkon. Þessi grein fjallar um eiginleika, notkun og áskoranir tengdar sirkoni í tannlækningum.

SAGA POSTULÍNS Í TANNLÆKNINGUM

Postulín hefur gegnt mikilvægu hlutverki í tannlækningum í rúmlega öld. Notkun þess nær aftur til ársins 1889 þegar Charles H. Land fékk einkaleyfi á heilpostulínskrónum eða s.k. „jacket crown" (PJC). Þessi tegund króna var tekin í

notkun á fyrstu áratugum 20. aldar (1). Þær voru úr feldspar postulíni, sem er fyrst og fremst sílikon-díoxíð sem verður að gleri við brennslu. Sameindir raðast óreglulega upp og mynda því gagnsæjan strúktúr sem varpar frá sér ljósi svo útlit verður mjög líkt náttúrulegum tönnum. Á þessum árum var adhesív binding ekki til, skortur á þekkingu á takmörkunum efnisins og brot voru tíð.

Til að auka styrk og minnka hættu á innri örsprungum við kælingu postulíns eftir brennslu var málmpostulínskrónan (PFM) þróuð á sjötta áratug síðustu aldar af Abraham Weinstein (2). Bindingin milli málms og postulíns dró verulega úr spennusprungum í postulínsefninu og slík tanngervi hafa haft góða endingu og því verið vinsæl. Mikil handavinna og góð þekking á málmi og postulíni er nauðsynleg í þessum verkefnum svo vel takist til.

Á áttunda áratug síðustu aldar komu fyrstu pressanlegu postulínsefnin á markað. Þessi málmlausa tækni varð vinsæl vegna útlits og einfaldleika í vinnslu, en brotahætta á jaxlasvæði var áfram vandamál.

Um miðjan tíunda áratuginn kom fyrsti tölvuhannaði/fræsti (CAD/CAM) postulínskjarninn á markað, Procera® AllCeram kjarni frá Nobel Biocare. Innleiðing tölvutækninnar markaði upphaf nýrrar kynslóðar postulíns og opnaði möguleika á að vinna kjarna úr mjög hörðu efni eins og zirkoníumdíoxíði. Þetta skref markaði tímamót í sögu tanngervalækninga. Tölvuhönnun og fræsing grindarefna (t.d. úr sirkóníumdíoxíði eða málmi), heilkróna (t.d. líþíum dísílikat) og plantaabutmenta hefur gjörbreytt starfsumhverfi í tanngervalækningum.

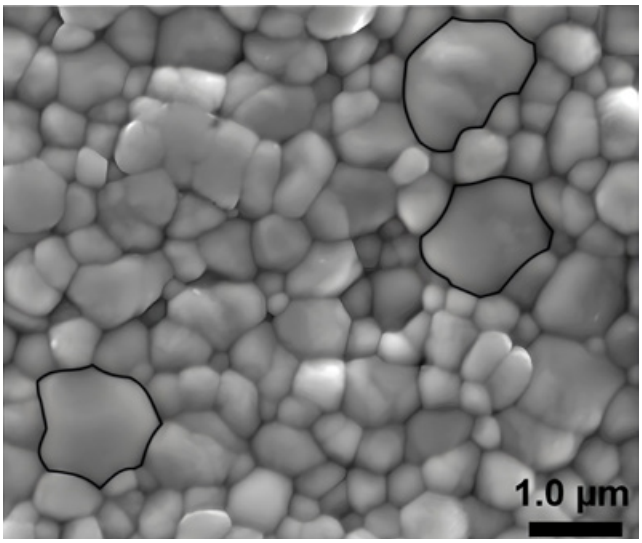
Sirkon í tannlækningum

Það eru þrír meginflokkar postulíns:

- Glerpostulín. T.d. feldspar postulín.
- Agnafyllt glerpostulín. T.d. líþíum disilikat.
- Fjölkristölluð postulín. T.d. sirkon.

Yttría-bætt tetragónal pólýkristöllað sirkon (Y-TZP) er postulín án glerfasa sem hefur vakið mikinn áhuga í tann-og munngervalækningum vegna framúrskarandi eiginleika þess, svo sem beygjustyrks milli 600 og 1250 MPa, brotþols yfir 2000 N og brotmótstöðu 9–10 MPa/m2. Þetta er allt um það bil þrefalt hærra en finnst að meðaltali í líþíum disilikat postulíni. Einnig hefur efnið hentugt útlit í tetragónal fasanum (3).

Kristallabygging sirkons breytist eftir hitastigi. Þetta er mikilvægt fyrir tannlækningar þar sem mismunandi kristalfasar hafa mismunandi styrk, seiglu og gagnsæi. Við upphitun fara kristallar úr mónóklínísku (einhalla) formi við stofuhita yfir í tetragonal (fjórsterndings) form við 1170 °C og upp í kúbískt (teningslagað) form við 2370 °C og hærra. Umbreytingunni úr tetragónal (t) í mónóklíníska (m) form við kælingu fylgir veruleg rúmmálsaukning eða 3-4%, (Mynd 1).



Mynd 1. Tetragonal kristallar með stökum monoklíníska kristöllum með svörtum útlínum.

Tetragonal kristallar eru óstöðugir í hreinu sirkoni og efnið leitar í monoklíník við kólnun. Blanda á hreinu sirkoni við stöðugleikaaukandi oxíð, svo sem MgO, Y_2O_3 eða CeO_2, gerir kleift að halda efninu í tetragonal fasa við stofuhita án spennumyndunar (3).

Einstakur eiginleiki sirkons er umbreyting þess úr tetragonal í mónóklíníska form (t → m) sem kallast umbreytingarstyrking (e. transformation toughening).

t → m umbreyting, sem gæti kviknað af ytri áreiti eins og slípun, kælingu eða bitálagi, leiðir til 3–4% staðbundinnar rúmmálsaukningar og samþjöppunarspennu. Þessi spenna getur myndast á yfirborði efnis eða í kringum sprungubotn og getur hindrað útbreiðslu sprungu. Þessi viðnámsspenna verður að vera yfirunninn til að sprunga geti vaxið, sem útskýrir hina auknu brotmótstöðu sirkons miðað við annað postulín.

Framleiðsla og þróun

Diskar koma í ýmsum samsetningum frá framleiðendum eftir staðlað framleiðsluferli, þar sem sirkon/yttria duftinu er pakkað á ákveðinn hátt, litarefnum bætt við og forsintrun fer fram. Eftir hönnun er tanngervið skorið út og kemur út í 20-25% stærra umfangi en lokatanngervið skal hafa. Tannsmiður hefur tækifæri til að lagfæra form og lita á þessu stigi áður en það fer í lokasintrun við u.þ.b. 1500°C. Við það harðnar, styrkist og þéttist efnið sem gerir það nothæft í munni (4).

Gríðarmiklar framfarir hafa orðið á sl. 5-10 árum í efnisframboði sirkon diska. Í stuttu máli þá kom efnið fyrst fram á 1. áratug þessarar aldar sem valkostur en þá eingöngu nothæft sem kjarnaefni vegna þess hve snjóhvít fyrsta kynslóðin var. Þurfti því að brenna feldspar postulín á kjarna, líkt og gert er í málmpostulínstanngervum til að ná betra útliti. Á 2. áratugnum urðu stórtækar framfarir í rannsóknum og þróun og komu fram sirkon-efni sem voru meira gagnsæ. Aukið yttria innihald gerði það að verkum að raunhæft var að gera tanngervi sem þoldu lágmarks feldspar ábrennslu og heilfræst tanngervi sem eingöngu þurftu litun/gljábrennslu eða jafnvel bara pússun. Samt sem áður, eru sirkonefni með aukið yttria innihald veikari en 3Y-TZP, innihalda meira kúbískt-kristallaform og hafa því minni getu til umbreytingarstyrkingar. Þau hafa hins vegar sannað sig sem svipað slitsterk og 3Y-TZP (e. wear restistant). (5).

Takmarkanir

Rannsóknir hafa sýnt að Y-TZP getur tapað stöðugleika sínum í röku umhverfi, sem leiðir til minnkaðs beygjustyrks. Þetta tengist sjálfvirkri fasabreytingu frá tetragonal yfir í mónóklíníska form (t → m) við miðlungshita og mikinn raka.

Þetta kallast lághitastigs niðurbrot (e. low-temperature degradation), og er skilgreint sem sjálfvirk umbreyting á tetragonal fasa undir 300°C. Vatn gegnir lykilhlutverki í þessari umbreytingu, það brýtur upp Zr O tengi við yfirborðið og myndar zirkoníumhýdroxíð ($ZrO_2 + H_2O \rightarrow Zr(OH)_4$). Niðurbrotið byrjar á yfirborðinu og færist smám saman inn í efnið þar sem örkorn losna. Þetta breytir yfirborðinu og getur leitt til sprungumyndunar og minnkaðs styrkleika.

Slíkt niðurbrot hefur verið vandamál í bæklunarskurðlækningum þar sem sirkon var notað í gerviliði á síðustu öld. Það hefur ekki verið sýnt fram á að þetta sé vandamál í tanngervum (6). Ekki er fullsannað hvers vegna en líklega eru aðstæður í munnholi ólíkar umhverfi liða líkamans en hærra hitastig og árásir ónæmiskerfisins gætu átt þátt í því.

Annar annmarki sem nefndur hefur verið í samhljómi við sirkon tanngervi er að ekki sé hægt að binda efnið adhesíft við tannvef, líkt og glerpostulín. Rannsóknir sýna hins vegar að það er raunhæfur valkostur (7).

Binding við sirkon

Sé tannskurður hefðbundinn með nægilegu haldi og snúningsviðnámi (e. retention/resistance form) nægir að líma tanngervið með einföldum aðferðum, t.d. með sjálfbindandi plastlími (e. self-adhesive resin cement). Í ákveðnum aðstæðum, t.d. ef lögun og hald tannskurðar er hæpið er adhesíf binding við tannvef forsenda endingar. Sýra hefur engin áhrif á yfirborðið vegna hreinnar kristallauppbyggingar. Það sem hefur reynst árangursríkast er eftirfarandi skref:

1. Sandblástur með Al_2O_3 ögnum (50 micron) við 1-2 bör. Gefur aukinn grófleika á yfirborði og bætir viðloðun. Hreinsun og þurrkun bindiyfirborðs.
2. Notkun primers, bindikerfis og plastlíms sem inniheldur 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP) mónómer.
3. Undirbúnings- og efnameðferð á tannvef sem við á (7).

Ótal tegunda líma er á markaðnum og þarf að kynna sér innihald þeirra fyrir notkun. Einfaldir ferlar eru fýsilegir í þessu samhengi.

KLÍNÍSK NOTKUN

Efnisval í tanngervalækningum er háð aðstæðum og brýn þörf er á einstaklingsbundinni greiningu. Þróun sirkons er komið svo vel áleiðis að hægt er að fá efni sem hentar fyrir heilbrýr á tannplanta og jafnvel skelkrónur þannig um margt er að velja. Sem dæmi um sirkon frá helstu framleiðendum má nefna Katana frá Kuraray Noritake, IPS e.max ZirCAD frá Ivoclar Vivadent og breitt úrval efna frá Aidite, t.d. Pro zir, EZneer, AiZir. Gagnsæi efna getur verið á bilinu 43% - 60% og beygjustyrkur 600 - 1350 MPa. Diska er hægt að fá í einum lit (e. monochromatic) eða marglita (e. gradient) sem enduspeglar mismunandi gagnsæi náttúrulegra tanna. Jafnframt er hægt að fá diska í mismunandi efnasamsetningu, t.d. 3Y, 4Y og 5Y eða blöndu í samræmi við estetík og styrk. Ennfremur er hægt að fá hvern styrkleika fyrir sig í mismunandi litum/gradients sem eru þá framleiddir með sérstökum litarefnum. Sem dæmi er Katana HTML diskur 3Y-TZP að öllu leyti, en er þó ekki einlitur heldur marglitur til að líkja eftir króma tannhálsa og gagnsæi tannkanta. Katana YML er hins vegar samsettur úr 5Y, 4Y og 3Y og gefur bæði mismunandi styrk og gagnsæi í sama disk. Aidite hefur nýlega kynnt til sögunnar SuperfectZir SHTM sem er bætt með bæði Y_2O_3 og Al_2O_3 og gefur aukinn beygjustyrk miðað við 3Y-TPZ (1350 MPa) (8-10).

Í leiðbeiningum framleiðenda er að finna ábendingar og frábendingar fyrir hvert efni, eiginleika þeirra og hver lágmarksþykkt er sem ráðlagt er að nota. Þessar upplýsingar er hægt að ná í með einfaldri netleit.

UMRÆÐA

Klínískar rannsóknir sýna að stakar sirkonkrónur hafa 91-96% 5 ára endingu og brýr 89-100% (11). Heilfræstar

sirkonkrónur sýna góðan árangur þar sem 99% líkur eru á 7 ára endingu og 86% á 10 ára endingu (12, 13). Krónur með sirkon kjarna og ábrenndu postulíni hafa tilhneigingu til styttri endingar, þar sem 10 ára lifun jaxlabrúa er 88% og 12 ára lifun framtannabrúa er 81,5% (14, 15). Brot á ábrenndu postulíni er algengasti fylgikvillinn. Þessar tölur eru sambærilegar við málm-postulínstanngervi sem er merkileg frétt innan tanngervafræðanna.

Þótt sirkon hafi verið innleitt víða og sé orðin algengt í tann- og munngervalækningum, má ekki gleyma að þetta efni hefur takmarkanir og hentar ekki í öllum tilfellum. Frekari rannsóknir verða að skera úr um hvaða efni henta best til framtíðar.

Þolmörk efnisins hafa verið reynd áður, t.d. við notkun sirkon abutmenta í grönnum tannplöntum með innra tengi (e. internal connection) í kringum 2010. Þá var ekki jafnmikið úrval af títan stoðlausnum né möguleikar á beygðum skrúfgangi (e. angulated screw channel) eins og eru í dag. Brot voru tíð sem mátti rekja til þess hversu þunnt efnið var í þessum aðstæðum sem réð illa við beygjuálag.

Aðrar takmarkanir, t.d. brot á heilbrúm, er enn raunverulegt vandamál. Áhættuþættir gætu verið þunnt efni og óhagkvæmt bitálag. Huga þarf vel að réttu efnisvali, hönnun, spennuleysi (e. passive fit), hæð tenginga (e. connectors) milli tanna, þykkt efnis við titanabutment og fylgni við gagnreyndar leiðbeiningar við límingu sirkons við abutment.

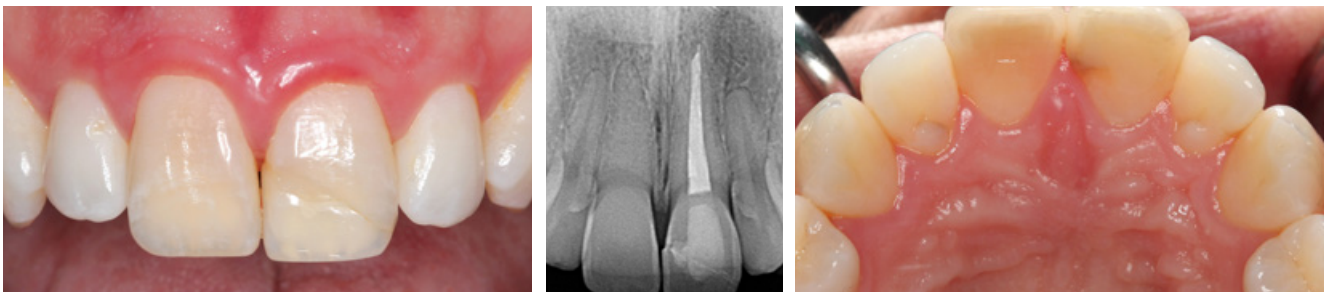
Efnisframboð er gífurlegt og upplýsingaflæði yfirþyrmandi. Erfitt er fyrir okkur sem sinnum sjúklingum að velja það sem hentar hverju sinni. Við þurfum því að treysta á góða innsýn og þekkingu tannsmiða til að leysa verkefni með okkur. Það er því mikilvægt að undirbúa verkefnin vel og að teymin tali saman áður en meðferð hefst. Gott samstarf við tannsmið er grundvallaratriði. Upplýsingar til sjúklinga um hugsanlega fylgikvilla eru mikilvægar; skref sem ekki ætti að sleppa þegar meðferð er ákvörðuð.

SJÚKLINGATILFELLI 1

Heilsuhraust 24 ára kona óskaði eftir betra útliti á framtennur í efri gómi (Mynd 2 - 4). Hún varð fyrir slysi 12 ára gömul. Fékk högg á tennur 11 og 21. 21 var rótfyllt fljótlega eftir slysið. Klár ábending var fyrir krónu á 21. Grunnlitur tannbeins á tönn 11 er rauðbrúnn (Mynd 5). Sjúklingur er með mjög hvítan grunnlit á eigin, aðliggjandi tönnum (BL3) (Mynd 6). Hreinsifasi fór fram fyrir krónumeðferð.

Erfiðleikamat á grundvelli aldurs, kyns og hárrar broslínu: Flókið tilfelli (high-risk).

Leitað var eftir áliti rótfyllingasérfræðings sem gaf álit um heilbrigði vefja og hugsanlega tannlýsingu á tönn 11. Vegna óvissu um árangur tannlýsingar á obliteruðum tönnum með rauðbrúnan tannbeinslit var afráðið að gera postulínskrónu



Myndir 2 - 4. Upphafsmyndir.



Myndir 5 og 6. Litaval.

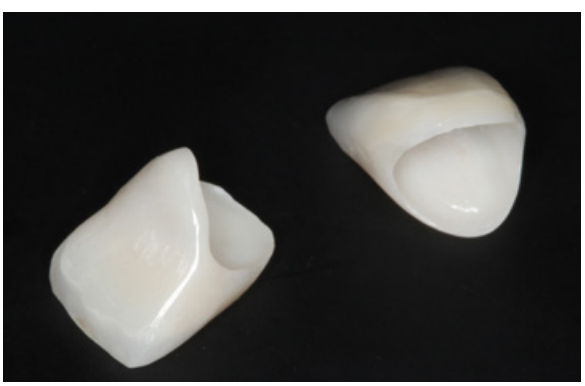
á 21. Ákveðið var, í samráði við tannsmið, að gera feldspar skelkrónu á 11 og sirkon krónu með ábrenndu feldspar á 21 með minimal tannskurði við tannháls. Helsti tilgangur var að spara tannvef eins og unnt var (Mynd 6). Munnskann (Trios, 3shape) var gert og verkefnið sent til tannsmiðs.

Við mátun kom í ljós að skelkróna gat ekki blokkað grunnlit 11 vegna gagnsæis þótt tannsmiður notaði öll tiltæk ráð (Mynd 7). Litur á 21 passaði vel við eigin tennur en galli var við brún við fyrstu mátun. Valkostur í þessari stöðu var að lækka value (dekkja) krónu 21 til að ná litasamsvörun milli krónanna - sem kom ekki til greina. Tekin var ákvörðun, í samráði við sjúkling, að breyta meðferð og gera heilkrónu



Mynd 7. Mátun feldspar skeljar á 11 og sirkon krónu með ábrenndu feldspar á 21.





Myndir 8 og 9. Tannskurður 11 og frágengnar lokakrónur tilbúnar til mátunar.





Myndir 10 og 11. Eftirfylgd 2 mánuðum eftir skil.

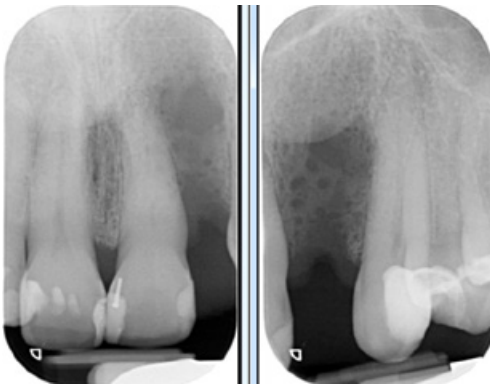
á 11. Tannskurður var gerður samkvæmt BOPT tækni (e. biologically oriented preparation technique) (16).

Tannsmiður notaði sirkon IPS e.max ZirCAD Prime Esthetic (Ivoclar Vivadent) í BL3- lit sem kjarnaefni. Efnið er tvískipt: 4Y og 5Y sirkon og var kjarninn skorinn að framan og á tannkanti og feldspar lagt á til að gefa náttúruleg blæbrigði. Frágangur við hnífsbrúnir er pússun sirkonefnis í háglans og feldspar álagning byrjar ca. 1 mm coronalt við brúnir (Myndir 8, 9, 10). Við skil voru krónur fyrst hreinsaðar að innan með Katana cleaner (Kuraray Noritake) skv. leiðbeiningum framleiðanda. Tannvefur var hreinsaður með sandnuddi og þurrkaður. Krónurnar voru límdar með RelyX Universal Resin Cement (Solventum) skv. leiðbeiningum framleiðanda. Sjúklingur var mjög ánægð með lokaútkomuna. Tannsmiður: Margrét Dan Þórisdóttir, Bakkabros tannsmíðaverkstæði.

SJÚKLINGATILFELLI 2

Karlmanni 63 ára var vísað til meðferðar vegna taps á tönn 22 árið 2020. Hann óskaði eftir föstu tanngervi með sem minnstum tilkostnaði og fyrirhöfn. Við skoðun munns og gagna var helst að finna verulegan beinskaða og vefjatap við svæði 22 (Myndir 12 og 13). Bitskoðun sýndi grunnt yfirbit við framtennur. Stór DL fylling var til staðar í tönn 23 sem náði yfir stóran hluta lingual flatar. Ástand tannar





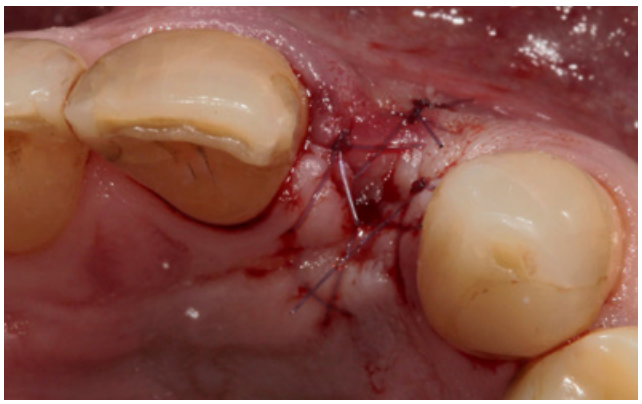
Mynd 12 og 13. Aðstæður í upphafi.

21 var ekki gallalaust, fyllingar til staðar en frekar smáar. Glerungssprungur til staðar og slit á bitkanti (Mynd 14).

Í samráði við sjúkling var ákveðið að gera ætifesta brú (e. resin-bonded bridge) og nota tönn 21 sem stoðtönn. Hann tók ákvörðun um þessa meðferð eftir upplýsingar um mögulega valkosti sem og kosti, galla, fyrirhöfn, kostnað og takmarkanir hverrar meðferðar. Klínískar rannsóknir sýna 80% endingu eftir 3-10 ár á ætifestum brúm á framtannasvæði, stakur fríliður með einn stoðlið (17).



Mynd 14. Aðstæður gómmegin í upphafi.



Mynd 15. Tannholdsgræðlingur (e. connective tissue graft).

Mælt var með tannholdsaðgerð til að auka umfang tannholds á svæði 22 (Mynd 15).

Átta vikum síðar var tönn 21 undirbúin fyrir móttöku stoðliðar og svæði 22 var undirbúið fyrir gerð svifliðs til að fá útlit eðlilegrar tannar (Mynd 16). Tannskurður var gerður samkvæmt forskrift sem hefur reynst vel í rannsóknum (18). Tannskurður var innan glerungs að öllu leyti, palatalt yfir á hluta distal veggs. Reynt var að halda tannskurðarsvæði utan fyllinga en jafnframt hámarka bindisvæði glerungs. Tannholdsmótun gerð á tannlausu svæði.

Munnskann var sent til tannsmiðs (iTero, Align Technology) með beiðni um að gera sirkon brú með stoðlið á 21. Bráðabirgðapartur var aðlagaður að tannlausa svæðinu til að viðhalda tannholdsmótun.

Stoðliður og kjarni var gerður úr 3Y sirkoni og feldspar postulín lagt á buccalt og incisalt. Hluti svifliðs í snertingu við tannhold var pússaður í háglans.

Binding var gerð á eftirfarandi máta: Innra yfirborð stoðliðar var sandblásið með 50 micron áloxíð ögnum með 1 bars þrýstingi. Fyrir það var yfirborðið litað með tússpenna og þess gætt að sandblástur færi ekki út fyrir svæðið,



Mynd 16. Undirbúningur tannar 21 og svæði svifliðs 22.



Mynd 17. Límyfirborð litað fyrir sandblástur.

kostur þess að lita er betri geta til að fylgjast með hvort allt yfirborðið sé meðhöndlað (litur fer af við sandblásun) (Mynd 17).

Næst var brúin sett í 95% alkóhóllausn og ultrasóníska bað í 3 mín. til að hreinsa límyfirborðið af óhreinindum. Síðan þurrkað og keramikprimer sem inniheldur MDP strax borinn á yfirborðið og tanngervið sett í box til að forðast mengun úr umhverfi á meðan tönn 21 undirbúin með fosfórsýru og primer/bondi. Brúin var límd með Panavia V5 límí (sjálfharðnandi og ljóshert). (Mynd 18 og 19) 5 árum síðar er brú enn til staðar.





Mynd 18 og 19. Ætifest brú eftir límingu.

Þakkir

Þakkir fá Mahmood Abu Ruja, DDS, MS, PhD, FRCDC, Izchak Barzilay, DDS, Cert. Prostho., MS, FRCDC og Margrét Dan Þórisdóttir tannsmiður.

HEIMILDIR

1. Jones DW. Development of dental ceramics. An historical perspective. Dent Clin North Am. 1985;29(4):621-44.
2. Christensen GJ. The use of porcelain-fused-to-metal restorations in current dental practice: a survey. J Prosthet Dent. 1986;56(1):1-3.
3. Mochales C, Maerten A, Rack A, Cloetens P, Mueller WD, Zaslansky P, Fleck C. Monoclinic phase transformations of zirconia-based dental prostheses, induced by clinically practised surface manipulations. Acta Biomater. 2011;7(7):2994-3002.
4. Cesar, P.F., et al., Recent advances in dental zirconia: 15 years of material and processing evolution. Dent Mater. 2024;40(5):824-836.
5. Spies BC, Zhang F, Wesemann C, Li M, Rosentritt M. Reliability and aging behavior of three different zirconia grades used for monolithic four-unit fixed dental prostheses. Dent Mater. 2020;36(11):e329-e339.
6. Chevalier J, Gremillard L, Virkar A, Clarke DR. The Tetragonal-Monoclinic Transformation in Zirconia: Lessons Learned and Future Trends. J. Am. Ceram. Soc. 2009:92(9):1901-20.
7. Quigley NP, Loo DSS, Choy C, Ha WN. Clinical efficacy of methods for bonding to zirconia: A systematic review. J Prosthet Dent. 2021;125(2):231-240.
8. Aidite, Dental Zirconia. 2026; Available from: https://www.aidite.com/product/list/1/Zirconia.html.
9. Vivadent, I. IPS e.max ZirCAD. 2026; Available from: https://www.ivoclar.com/en_li/products/digital-processes/ips-e.max-zircad-prime-family
10. Kuraray Noritake Dental Inc. K. Katana Zirconia. 2026; Available from: https://www.kuraraynoritake.com/world/product/cad_materials/
11. Laumbacher H, Strasser T, Knüttel H, Rosentritt M. Long-term clinical performance and complications of zirconia-based tooth- and implant-supported fixed prosthodontic restorations: A summary of systematic reviews. J Dent. 2021;111:103723.
12. Takaesu Y, Taniguchi Y, Kaga N, Yamaguchi Y, Kakura K, Suzuki N, Matsuura T. Long-term clinical outcomes of posterior monolithic and porcelain-fused zirconia crowns: A retrospective cohort study. J Prosthet Dent. 2025;133(6):1475-1483.
13. Valenti M, Valenti A, Schmitz JH, Cortellini D, Canale A. Survival analysis up to 7 years of 621 zirconia monolithic single crowns with feather-edge margins fabricated with a cast-free workflow starting from intraoral scans: A multicentric retrospective study. J Prosthet Dent. 2023;129(1):76-82.
14. Matta RE, Eitner S, Stelzer SP, Reich S, Wichmann M, Berger L. Ten-year clinical performance of zirconia posterior fixed partial dentures. J Oral Rehabil. 2022;49(1):71-80.
15. Solá-Ruiz MF, Leon-Martine R, Labaig-Rueda C, Selva-Otalaorrouchi E, Agustín-Panadero R. Clinical outcomes of veneered zirconia anterior partial fixed dental prostheses: A 12-year prospective clinical trial. J Prosthet Dent. 2022;127(6):846-851.
16. Loi I, Di Felice A. Biologically oriented preparation technique (BOPT): a new approach for prosthetic restoration of periodontically healthy teeth. Eur J Esthet Dent. 2013;8(1):10-23.
17. Yazigi C, Elsayed A, Kern M. Secure and precise insertion of minimally invasive resin-bonded fixed dental prostheses after ridge augmentation by means of a positioning splint. J Esthet Restor Dent. 2021;33(3):415-421.
18. Al-Bermani ASA, Quigley NP, Ha WN. Do zirconia single-retainer resin-bonded fixed dental prostheses present a viable treatment option for the replacement of missing anterior teeth? A systematic review and meta-analysis. J Prosthet Dent. 2023;130(4):533-542.

English Summary

Zirconia in prosthodontics

ERNA RÚN EINARSDÓTTIR, DDS, MSC, ASSISTANT PROFESSOR IN PROSTHODONTICS, FACULTY OF ODONTOLOGY, UNIVERSITY OF ICELAND, REKJAVÍK, ICELAND
ORCID ID: 0000-0002-0580-3406

ICELANDIC DENT J 2026; 44(1): 29-36
doi: 1033112/tann.44.1.3

The article discusses the development of zirconia (zirconium dioxide, ZrO_2) in dentistry over the past 15 years and how changes in chemical composition, microstructure, and manufacturing processes have influenced its clinical use. Zirconia has become one of the most important materials in crown and bridge fabrication due to its high strength, good biocompatibility, and wear resistance.

The article reviews the development of different generations of zirconia, particularly yttria-stabilized tetragonal polycrystalline zirconia (Y-TZP), and how increased yttria content has improved translucency while also affecting strength and fracture resistance. It also addresses the transition from porcelain-veneered zirconia cores to monolithic zirconia crowns, which has reduced porcelain chipping and increased reliability.
The article further examines the manufacturing process of zirconia, including powder processing, compaction, presintering, CAD/CAM digital design and milling, and final sintering, all of which shape its microstructure and properties. Special emphasis is placed on how manufacturing defects, microstructure, and sintering conditions can influence fracture resistance and the longevity of dental restorations.
The results indicate that continuous advances in materials science and manufacturing technology have improved both the aesthetic and technical properties of zirconia, making it a key material in modern prosthetic and restorative dentistry.

Keywords: Zirconia, microstructure, sintering, Y-TZP, CAD/CAM
Correspondence: Erna Rún Einarsdóttir, ere@hi.is