

# Framtíðarstefna í tannholslækningum



ANCA VIRTEJ, DR. ODONT, SVIÐ KLÍNÍSKRA TANNLÆKNINGA, LÆKNADEILD, POSTDOKTOR, KJÁLKASKURÐEILD, HÁSKÓLASJÚKRAHÚSIÐ HAUKELAND. HÁSKÓLINN Í BERGEN, NOREGUR.

ORCID-NÚMER: 0000-0001-5918-3663

EMMA WIGSTEN, DR. ODONT. TANNLÆKNASVIÐ SAHLGRENSKA HÁSKÓLANS, HÁSKÓLINN Í GAUTABORG, SVÍPJÓÐ.

ORCID-NÚMER: 0000-0001-9914-8205

DAG ØRSTAVIK, DR, ODONT, PRÓFESSOR EMERITUS, TANNLÆKNADEILD, HÁSKÓLANS Í OSLO, NOREGUR

ORCID-NÚMER: 0000-0003-0161-7857

SIVAKAMI RETHNAM HAUG, DR. ODONT, DÓSENT, SVIÐ KLÍNÍSKRA TANNLÆKNINGA, LÆKNADEILD, HÁSKÓLINN Í BERGEN, NOREGUR.

ORCID-NÚMER: 0000-0003-1930-8542

TENGILIÐUR: ANCA VIRTEJ, Anca.Virtej@uib.no

TANNLÆKNABLAÐIÐ 2023; 41(2): 96–105

doi: 1033112/tann.41.2.9

## ÁGRIP

Þegar sjúklingi er gert kleift að halda tönn sinni með meðferð rötarganga hefur það jákvæð áhrif á munnheilsutengd lífsgæði hans. Þó sýna þverskurðarrannsóknir að tækni við rótfyllingu er oft ekki nægilega góð. Í framtíðinni er nauðsynlegt að tannlæknar meti betur erfiðleikastig tilviks og ákveði með hliðsjón af því hvort vísa skuli sjúklingi til sérfræðings. Við tannskurð, rötarpjölun og uppbyggingu hefur verið talað fyrir að beita meðferð með lágmarks inngripi. Skortur er á rannsóknum á langtímaárangri á þessu sviði. Fáar rannsóknir liggja fyrir á eiginleikum sársauka, bólguferlum, áhrifum almenns heilsufars á framvindu sjúkdóma og græðsluferli. Til framtíðar er nauðsynlegt að horfa til sýkingavarna, sýklalyfjaónæmis og nýrra meðferða gegn sýkingum. Gera má ráð fyrir að opinberir aðilar og almannatryggingar muni herða á kröfum til tannlækninga, þ.m.t. til tannholsméðferðar. Tannlæknanám sem fylgir hæstu gæðastöðlum skiptir sköpum fyrir tannholslækningar framtíðarinnar. Heilbrigðisyfirvöld jafnt og fjölmiðlar geta þá sýnt fram á að tannholsméðferð sé öruggur, áreiðanlegur og áhrifaríkur kostur sem kemur sjúklingum til góða.

Lykilorð: Tannlæknanám, heilbrigðisyfirvöld, nýjungar, lífsgæði, rannsóknir

**Helstu atriði.** Til að ná sem bestum árangri þurfa tannlæknar að eiga góð samskipti við sjúklinga um markmið og horfur meðferðar og vísa til sérfræðinga tafarlaust þegar þörf er á.

Við rannsóknir má ekki aðeins horfa á nýjungar sem geta vakið áhuga hagsmunaaðila með skammtímaávinning í huga heldur er einnig mikilvægt að gera slembnar rannsóknir með samanburði við fyrirliggjandi efni og aðferðir til að unnt sé að sýna fram á hvort umræddar nýjungar séu betri.

Þörf er á aukinni þekkingu á eiginleikum og meðferð tannverks ásamt meðferð og upprætingu sýkinga.

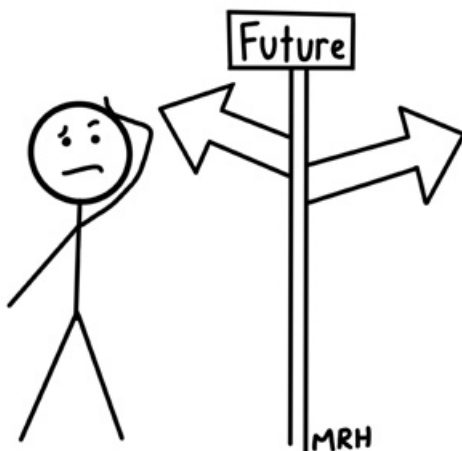
Á samkeppnismarkaði eiga menntastofnanir oft undir högg að sækja að fá framúrskarandi kennara.

Kostnaður við tannlækningar, þar á meðal tannholsméðferð, kann að kalla eftir aukinni greiðsluþátttöku opinberra aðila eða tryggingafélaga. Rannsóknir á hagkvæmni meðferðar gætu leitt í ljós nauðsyn þess að endurskoða núverandi kerfi.

## AÐALTEXTI

„Lýstu fortíðinni, greindu nútíðina, segðu fyrir um framtíðina“ – Hippókrates ca. 460 f.Kr.

Hugtakið „framtíð“ vísar til þess sem mun gerast eða verða til eftir þetta augnablik. „Stefna“ lýsir þróun (Mynd 1). Í þessari grein verður farið yfir núverandi stöðu í tannholsméðferð, nýjustu þróun og skoðun höfunda á þeirri stefnu sem þeir telja að tannholstræði eigi að taka á komandi árum. Í greininni er framtíðarstefnu skipt í þrjá hluta: sjúklingur, tannlæknir, og samfélagslegir þættir.



Mynd 1. Framtíðarstefna er það sem við höldum eða viljum að gerist.  
Figure 1. The future direction is something we believe will happen or something we want to happen.

**Staðreyndareitur um klínískt gildi.** Hugtök, efni, tækni og aðferðir í tannholstræði hafa þróast hratt á síðustu árum en meðferð er enn tæknilega krefjandi og erfið fyrir almenna tannlækna. Þörf er á vönduðum gögnum og rannsóknum á langtímaárangri til að auðvelda tannlækni val réttra efna og tækja. Um allan heim er þörf á hæfum kennurum, betri aðstöðu, aukinni samþættingu, tækni, auknum rannsóknum og fjármagni. Rannsóknir mega ekki aðeins beinast að tækninýjungum heldur einnig að grunnatriðum á borð við eiginleika sársauka, framvindu sjúkdóma og sýkingavarnir.

## SJÚKLINGUR

Á Norðurlöndum hefur munn- og tannheilsa almennt batnað síðustu áratugi. Um leið hafa lífslíkur aukist sem þýðir að sífellt fleiri halda tönnum sínum til elliára og færri tapa öllum sínum tönnum. Því verður líklegt að fleiri tennur hafi sögu um tannmeðferð sem veldur skaða á kviku og síðar meir kvikusjúkdómi (1). Almennir tannlæknar sjá að mestu leyti um meðferð rötarganga. Samkvæmt upplýsingum sænskra almannatrygginga (SSIA) höfðu 217.047 íbúar eldri en 20 ára fengið meðferð rötarganga á að minnsta kosti einni tönn árið 2009 (2). Tíu árum síðar voru tæplega 190.000 tennur skráðar rötfulltar í sömu gagnaskrá, sem bendir til þess að tannholsméðferðum hafi fækkað (3). Vart varð við svipaða þróun í Danmörku milli áranna 1997–2009 (Danish Civil Registration System). Að auki kom fram hjá Razdan et al. (2022) (4) að meðan rötfulltum tönnum fækkaði jókst tíðni umrótarbólgu í tönnum sem ekki voru rötfulltar. Ef landsupplýsingar um meðferð tanna eru skoðaðar ásamt faraldsfræðilegum rannsóknum má greina þróun varðandi þörf á tannholsméðferð í hópum samfélagsins. Það kemur að gagni við að greina hvaða breytinga er þörf á mennta- og tryggingakerfum til stuðla að bættri tannheilsu.

Meðferð rötarganga sem gerð er til að sjúklingur haldi tönnum sinni hefur jákvæð áhrif á munnheilsutengd lífsgæði. Stuðla ber að því að tannholsméðferð sé kynnt sem öruggur, áreiðanlegur og árangursríkur valkostur fyrir sjúklinga og þar gegna heilbrigðisyfirvöld og fjölmiðlar mikilvægu hlutverki. Almennt eru sjúklingar sáttir við tannholsméðferð og kjósa að halda tönnum sínum eins og unnt er (5–8). Þegar reynsla sjúklinga var metin nánar með „ánægjukönnun“ (7) voru sjúklingar sem fengu meðferð sáttir með val sitt og meðferð, hvort sem var hjá tannholssérfræðingi eða almennum tannlækni (7, 9).



Mynd 2. Markmið með meðferð rötarganga er að halda tönn og heilbrigðum umrótavef. Ekki er þó víst að sjúklingur, sem oft er ómeðvitaður um ástand tannar, deili skoðun tannlæknis. Hugsanlega er sýn sjúklings og tannlæknis á mikilvægi og árangur meðferðar ekki hin sama (5, 6).  
Figure 2. The goal of RCT is to preserve the affected tooth and establish or maintain healthy peri-radicular tissues. However, the individual patient, who is generally unaware of the status of the tooth, does not necessarily share the same concerns. It may also be the case that the patient and the dentist have different views on what is considered important and what characterises a successful treatment (5, 6).

Kostnaður var sá þáttur sem sjúklingar voru síst sáttir með. Mikilvægt er að sjúklingur taki þátt í meðferðaráætlun og meðferðarferli um leið og fundin eru sameiginleg árangursmarkmið sjúklings og tannlæknis (Mynd 2). Meta skal hvort meðferð hafi skilað árangri með hliðsjón af skilgreindum markmiðum fyrir hvern einstakling, (6), hér gegna samskipti lykilhlutverki. Sjúklingar þurfa að skilja að nauðsynlegt er að fá meðferð á réttum tíma (án tafar) til að árangur meðferðar verði sem bestur.

## TANNLÆKNAR

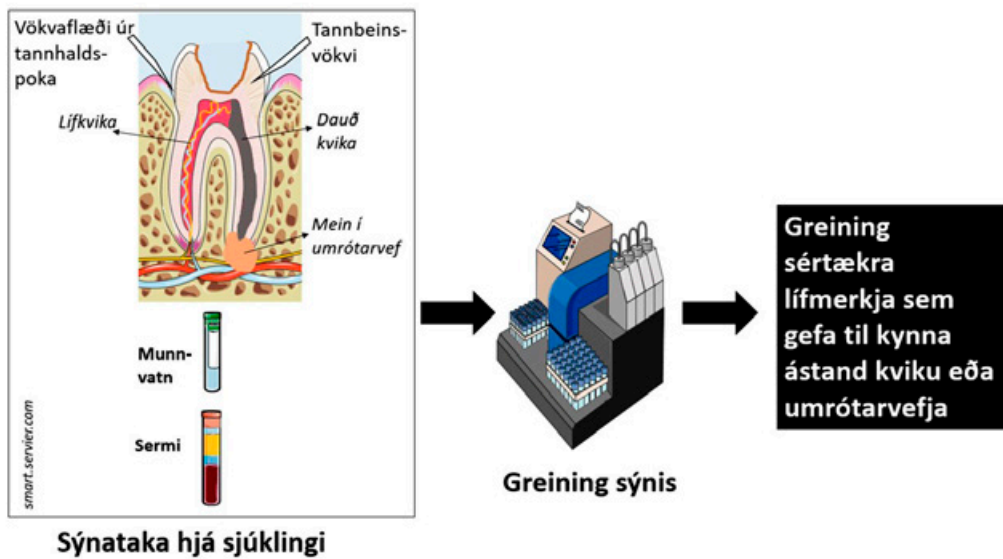
Meðferð rötarganga getur verið tæknilega krefjandi, streituvaldandi og erfið, og henni getur fylgt tilfinning um stjórnleysi (10). Af tilvikum sem vísað var til sérfræðistofu í V-Gautlandi í Svíþjóð var tæpur helmingur vegna jaxla sem áður höfðu verið rótfylltir en þörfuðust viðbótarmeðferðar (11). Þegar almennur tannlæknir sinnir meðferð rötarganga í jaxli er oft greint frá slakari gæðum rótfyllingar, hærri tíðni sjúkdóma í umrótavef og minni lifun tannar (12, 13). Fyrir

þessu geta verið margar ástæður: jaxl hefur yfirleitt fleiri og flóknari rötargöng og erfitt er að komast að honum vegna stöðu hans í tannboga. Jaxlar eru ekki aðeins tæknilega krefjandi heldur koma oft upp fylgikvillar við meðferð sem krefjast frekari úrræða (14). Þó geta vandamál einnig komið fram í framtönn eða forjaxli ef krónuhol og kerfi rötarganga eru þröng eða ef rót er mjög sveigð (15). Lakari árangur ásamt meðferðartengdri streitu gefur tilefni til að velta fyrir sér hvort almennur tannlæknir eða sérfræðingur ætti að veita tannholsméðferð (10).

Almennur tannlæknir með skilning á erfiðleikastigi tilviks og góða hæfni hefur forsendur til að meta hvort hann geti sjálfur veitt meðferð eða hvort vísa skuli til sérfræðings.

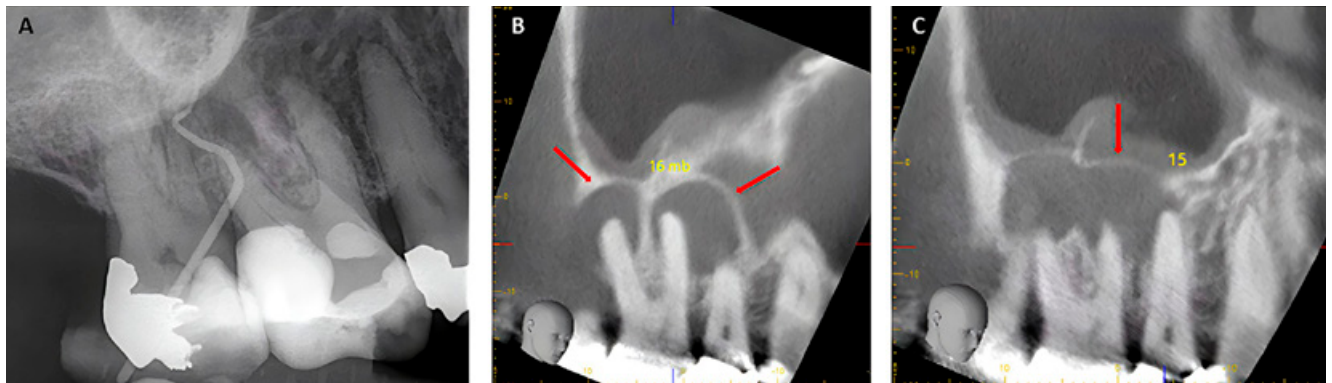
## Greining tannholssjúkdóma

Helsta orsök tannholssjúkdóma er örverusýking. Nýjar aðferðir við greiningu baktería í rötargöngum veita von um að í framtíðinni verði mögulegt að greina örverusýkingu við stólinn (16). Nýlegar rannsóknir hafa einnig beinst



Mynd 3. Sýni úr sermi, munnvatni, vökvafleði úr tannhaldspoka eða tannbeinsvökva eru greind á sameindastigi til að staðfesta greiningu og setja upp ákjósanlega meðferð.

Figure 3. Samples from serum, saliva, gingival crevicular or dentinal fluid are collected, analyzed at molecular level to establish diagnosis and optimal treatment.



Mynd 4. Greining á rötarenda tanna 15–17 var óljós eftir rötarmynd og fistilmyndgreiningu (A). Tölvusneiðmynd staðfestir og sýnir umrótarbólgu í öðrum forjaxli til annars jaxls (B og C).

Figure 4. The apical diagnosis of teeth 15-17 was uncertain following a periapical radiograph and fistulography (A). A CBCT scan confirms and details apical periodontitis lesions of second premolar to second molar (B and C).

að greiningu lífmerkja til að staðfesta bólgu í kviku eða umrótarvefjum (Mynd 3). Fræðilega séð má mæla og tengja tilvist altækra og staðbundinna sameinda við tannholssjúkdóm eða árangur meðferðar (17, 18). Vonir standa til að síðar meir verði þægilegar og nákvæmar leiðir til að greina sjúkdóma í kviku og umrótarvef við stólinn aðgengilegar tannlæknum (19). Þó þurfa yfirgripsmiklar og tímafrekar yfirfærslurannsóknir að eiga sér stað til að unnt verði að þróa áreiðanlegar greiningaraðferðir til nota við stólinn úr þekkingu sem verður til við rannsóknir í dauðhreinsuðu umhverfi á rannsóknastofu.

CBCT-tölvusneiðmynd er þrívíð myndgreiningartækni

sem skilar nákvæmari myndum og auðveldar greiningu samanborið við tvívíða rötarmynd (Mynd 4). Evrópsku tannholssfræðasamtökin (ESE) ráðleggja að CBCT-myndir verði hluti af námsskrá tannlækna í grunn- og framhaldsnámi (20). Í Bandaríkjunum og Skandinavíu hafa tannlæknastofur sérfræðitannlækna í auknum mæli fest kaup á CBCT-tækjum; þó hefur helsta ábending fyrir notkun þeirra í Noregi og Svíþjóð verið ísetning tannplanta (21, 22). Íhuga þarf áhættu og ávinning þess að útsetja sjúkling fyrir jónandi geislun en tæknilausnir eru í sífelldri framþróun. Búast má við að notkun nýrri CBCT-tækja sem gefa frá sér minni geislaskammt verði smám saman algengari á

tannlæknastofum og nýtist við greiningu og meðferðaráætlun tannholssjúkdóma.

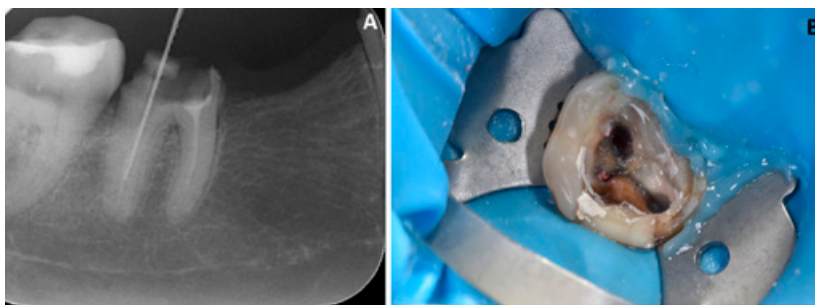
Gervigreind (AI) er grein innan hagnýtra tölvuvísinda sem fyrst kom fram á 6. áratug síðustu aldar. Með gervigreind er átt við gerð tækni sem getur sinnt verkum sem annars eru yfirleitt gerð af mönnum (23). Gervigreind og tækni kerfi geta hugsanlega umbýlt tannlækningum með auknum áreiðanleika og nákvæmari greiningartækni (23). Gervigreind getur mögulega nýst við greiningu umrótarmeina eða lóðrétts rötartrots, við ákvörðun vinnulengdar eða við að spá fyrir um árangur meðferðar. Staðfesta verður áreiðanleika og notagildi gervigreindar áður en hún verður nýtt í daglegu starfi (24).

### Tannskurður

Í nútímalækningum er áhersla lögð á meðferð með lágmarks inngripi. Lágmarks tannskurður að rötargöngum (access cavity „ninja-approach“) ver tannbein og dregur úr hættu á tannbroti (25). Með þessari aðferð er horfið frá hefðbundnum beinlínuaðgangi. Stærri hluti af tannkrónu er skilinn eftir meðan meðferð fer fram, þar á meðal hluti af þaki krónuhols sem kann að vera sýktur. Þessi nálgun gerir þó síðari skref meðferðar, t.d. fund rötarganga og rötarpjölun, erfiðari viðfangs og flóknara verður að uppræta sýkingu (26). Önnur tækninýjung er tannskurður með leiðara (guided access). Það felur í sér að tekin er sneiðmynd fyrir aðgerð. Í framhaldi af því er gerður leiðari fyrir sérstakan bor í þeim tilgangi að finna rötargöng með lágmarks tannskurði og að því loknu er gerð rötarpjölun (27). Þó má gera fyrirvara við nauðsyn þess að taka sneiðmynd af öllum sjúklingum án þess að fyrir liggja rökstuddur ávinningur um vernd tannbeins. Að auki liggja engar langtímarannsóknir fyrir sem sýna fram á betri eða sambærilegan ávinning tannskurðar með lágmarks inngripi eða leiðara fram yfir hefðbundinn tannskurð.

### Sýkingavarnir

Smítgát er lykilatriði við tannholsméðferð. Réttur handþvottur, gúmmíðúkur og sótthreinsun aðgerðarsvæðis eru nauðsynlegur hluti tannholsméðferðar (28). Gúmmíðúkur var fyrst kynntur til notkunar í tannlækningum árið 1864 og er enn í dag mikilvægur hluti réttrar tannholsméðferðar (Mynd 5). Þó er notkun gúmmíðúks mjög misjöfn milli



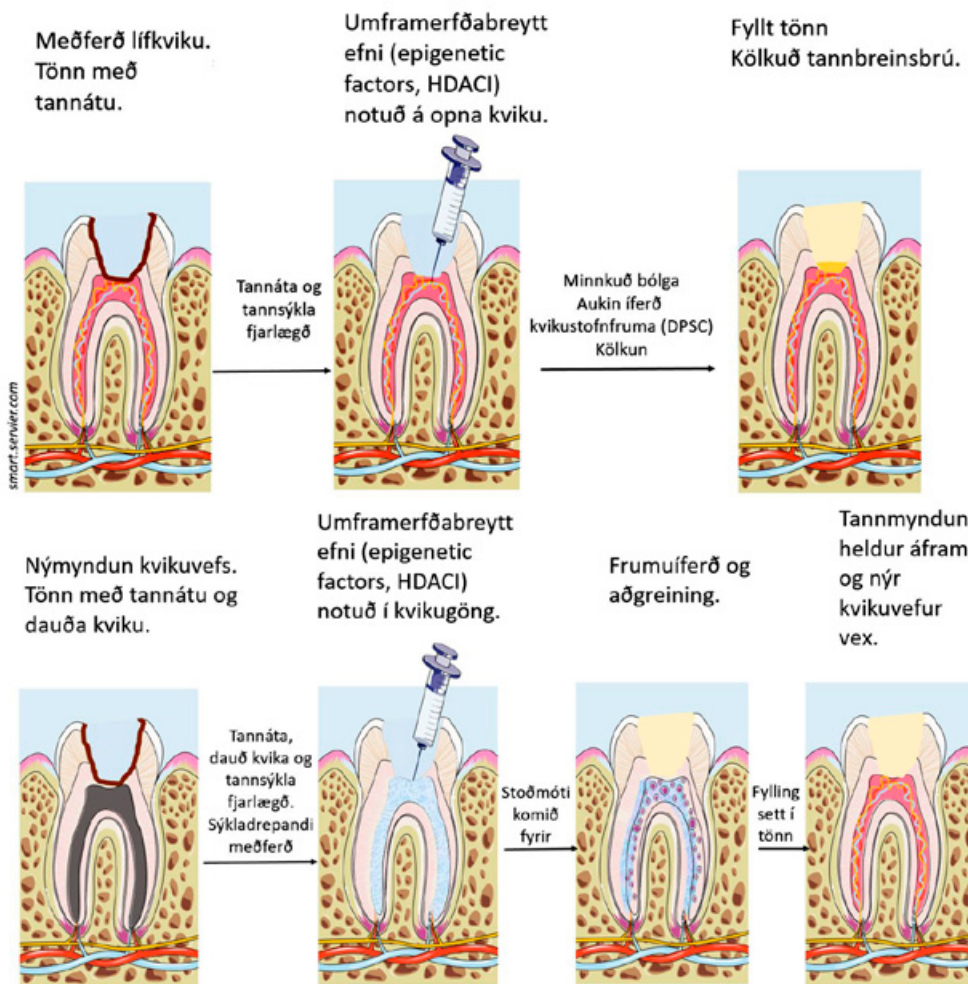
Mynd 5. Í Noregi og Svíþjóð nota sífellt fleiri tannlæknar gúmmíðúk við tannholsméðferð (31), notkun er meiri meðal yngri tannlækna (64). Tannlæknar í Noregi loka þó fæstir svæðinu milli gúmmíðúks og tannar, samanborið við mikinn meirihluta almennra tannlækna í Svíþjóð (31). Hér má sjá (A) röntgenmynd af vinnulengd sem tekin er án gúmmíðúks, hættu er á sýkingu sem getur truflað meðferð; og (B) rétta notkun gúmmíðúks á jaxli sem verið er að meðhöndla á ný sem eykur sýn og aðgengi ásamt því að draga úr hættu á sýkingu.

Figure 5. In Norway and Sweden, more dentists routinely use rubber dam during endodontic procedures (31), with a higher frequency among younger dentists (64). Yet only very few Norwegian dentists seal the area between rubber dam and tooth in comparison to an overwhelming majority of Swedish GDPs (31). Here exemplified is (A) a working length radiograph taken without rubber dam which endangers the patient and can impair treatment course; (B) correct placement of rubber dam on a molar under retreatment increases visibility and access, along with providing better infection control.

landa. Í Danmörku notar minnihluti tannlækna gúmmíðúk að jafnaði (29). Í Finnlandi eru aðeins um 30% tannholsméðferða gerðar með gúmmíðúk (30). Sýking hefur ávallt áhrif á árangur tannholsméðferðar (31, 32). Ekki eru þekktar aðrar góðar aðferðir til einangrunar og til framtíðar er nauðsynlegt að auka meðvitund tannlækna um mikilvægi gúmmíðúks við tannholsméðferð og beita lagalegum þrýstingi.

Sýking í rötargöngum er enn algengasta orsök þess að meðferð tekst ekki (32). Stöðugt er verið að þróa nýjar aðferðir og verklag við rötarpjölun og skolun til að draga úr sýkingarhættu. Við skolun rötarganga hefur ekki verið sýnt fram á yfirburði sótthreinsiefna á borð við klórhexidín 2% fram yfir natriumhýpóklórít (NaOCl) (33). Hljóðbylgjuörvun skolunarefna (multisonic irrigant activation) getur aukið áhrif þeirra (34, 35). Síðustu ár hefur notkun stakra vélknúinna Ni-Ti rötarpjala orðið algengari. Við notkun stakra rötarpjala er undirbúningstími styttri, einnig gefst minni tími til sótthreinsunar með fækkun heimsókna. Til að NaOCl í lágum styrk hafi bakteríudrepandi áhrif þarf mikið magn og endurtekna skolun (36). Þannig má segja að þó styttri meðferðartími sé að mörgu leyti hagkvæmur getur styttri skolunartími dregið úr sýklaeyðandi virkni skolefnis og þannig skapað hættu á að örverueyðandi áhrif í rötargöngum verði ekki næg.

Efni sem notuð eru í rötargöng hafa ekki tekið miklum



Mynd 6. Dæmi um umframerfðabreytingar (epigenetic) sem nýst geta við meðferð lífkvikviku og kviku með drepri, með breytingum frá ?? (51). DNA er myndað úr histónum (histones). Asetýlering (acetylation) og af-asetýlering (deacetylation) históna gegnir mikilvægu hlutverki við að stjórna umritun í frumum. HDAC-ensím (histone deacetylases) finnast við sjúkdóma hjá mönnum meðan HDACi-ensím sem hamla HDAC-ensímum loka góðu við meðferð ýmissa sjúkdóma, þar á meðal bólgu (65, 66). Þegar tannáttu hefur verið fjarlægð ásamt tannskýklu eru HDACi-ensím sett á opna tannkviku í þeim tilgangi að draga úr bólgu, auka kölkun tannbeins og íferð kvikustofnfruma (DPSC) ásamt því að mynda nýjar blóðæðar og byggja upp tönn á ný (efri hluti myndar). Eins og sjá má á neðri hluta myndar er áframhaldandi myndun rótar og endurvöxtur lífvænlegra vefja í kvikugöngum einnig markmið þessarar tækni.

Figure 6. Example for epigenetic modifications that can be used as treatment of the vital and necrotic dental pulp, modified after (51). DNA consists of histones. Acetylation and deacetylation of histones play an important role in transcription regulation of cells. Histone deacetylases (HDAC) are linked to human disease, while their inhibitors, HDACi are a promising aid in treating several illnesses, including inflammation (65, 66). Once the caries and biofilm are removed, HDACi are topically applied to an exposed dental pulp to reduce inflammation, increase dentin mineralization and DPSC migration, along with formation of new blood vessels, restoring the integrity of the tooth (upper panel). Revitalization procedures, meaning continued root formation and regrowth of vital tissue in the pulp canal space are also the aim of this technology in the future, as seen in the lower panel.

breytingum. Kalsíumhýdroxíð kom fyrst fram árið 1920 og er enn fyrsti meðferðarvalkostur fyrir rötargöng. Bakteríur geta náð fótfestu í aðalrötargöngum en einnig í tannbeinspíplum, hliðar- og viðbótargöngum, þrengingum (isthmuses) og samtengingum, en ekki er öruggt að hægt sé að komast að þessum svæðum með rötarpjöl og skolun eingöngu (37). Örverur á borð við *E. faecalis* eða *C. albicans* finnast oft í endursýkingum og vitað er að þær hafa þol gegn

kalsíumhýdroxíði (38, 39). Þó góðgerlar (probiotics) séu enn ekki notaðir í rötargöng í klínískum tilgangi kann að vera að örverueyðandi og ónæmistemprandi virkni þeirra geti komið að gagni í framtíðarbaráttu gegn sýklum í tannholi (40).

Þegar tannskýkingar sem eiga upptök sín frá tannholi hafa áhrif á almenna heilsu sjúklings kann að vera þörf á sýklalyfjameðferð. Notkun sýklalyfja í tannlækningum er þó oft ekki viðeigandi þar sem næmispróf eru sjaldan

gerð (41). Á heimsvísu má sjá aukið þol baktería gegn sýklalyfjum (42, 43). Það gildir einnig um bakteríustofna sem almennt finnast í munnholi (44), einkum *Porphyromonas spp.* og *Prevotella spp.* (45). Örverur sem valda sýkingum í tannholi geta hugsanlega myndað þol gegn sýklalyfjum með tímanum. Hraðvirk greiningarpróf við stólinn sem gefa upplýsingar um sýkil og næmi fyrir sýklalyfjum gætu dregið úr rangri sýklalyfjanotkun og aukið öryggi sjúklinga (42).

### Rótfyllingarefni

Rótfylling er lokaskref tannholsmeðferðar og kemur í veg fyrir að bakteríur og vökvar úr munni og umrótarvef komist í rótargöng. Algengasti kjarni rótfyllingar er enn gúttaperka en ný þéttiefni (sealers) eru sífellt að koma á markað. Þessi þéttiefni hafa þó ýmsar takmarkanir, þau geta t.d. rýrnað, leyst upp eða bundist illa við gúttaperkakeiluna, sem getur haft áhrif á árangur meðferðar (46). Ný þéttiefni úr lífefnablönduðu keramíki (bioceramic) gætu lofað góðu, þau hafa bakteríudrepandi eiginleika, rýrna ekki og eru lífvirk (bioactive). Ný efni og aðferðir við tannholslækningar eru oft markaðssett með flottum rótarmyndum af framleiðendum og „sérfræðingum“ á samfélagsmiðlum án fullnægjandi innistæðu (26, 47). Við efnisval ætti ávallt að styðjast við klínískt marktækar rannsóknir.

### Endurmyndunaraðgerðir í tannholslækningum

Endurmyndunaraðgerðir á tönnum með drepi og opna rótarenda í því skyni að gera tannvef kleift að vaxa frekar hafa lengi verið gerðar. Slíkar aðgerðir byggjast á að stofnfrumur úr papillu rótarenda geti borist inn í rótargang, sérhæfst og myndað rótarvef (48). Fræðilega séð geta kvikustofnfrumur (DPSC) einnig náð sérhæfingu og myndað nýjan kvikuvef, þá væri hægt að meðhöndla eldri fullorðinstennur með lágmarks inngripi. Eins og sýnt er á Mynd 6 krefst stýrð sérhæfing stofnfruma umframerfðabreytinga (epigenetic modification). Samgena kvikustofnfrumur eru þó takmörkuð auðlind (49). Amerísku (AAE) og Evrópsku tannholslækfræðasamtökin (ESE) hafa enn ekki ráðlagt ígræðslu samgena kvikustofnfruma við tannholslækningar þar sem þeim fylgja flóknar og kostnaðarsamar tækniröfur og stjórnvaldsreglur auk þess sem tannlækna þurfa að búa yfir mikilli þjálfun og færni (50). Í framtíðinni er hugsanlegt að sigrast megi á slíkum hindrunum svo unnt verði að nota vefjatekni (tissue engineering) í endurmyndunaraðgerðum til meðferðar á kvikubólgu eða kvikudrepi (51).

## SAMFÉLAGSLEGIR ÞÆTTIR

### Menntun tannlækna

Menntun tannlækna gegnir lykilhlutverki í þróun tannholslækninga. Nemendur dagsins í dag munu síðar meir sinna kennslu, stefnumótun, sérfræðivinnu, rannsóknum og almennum tannlækningum. Í grunnnámi gegnir góð þjálfun lykilhlutverki við að byggja upp öryggi í starfi (52). Í nýlegri könnun töldu 70% almennra tannlækna sig ekki hafa fengið nægilega klíníska þjálfun í námi sínu (53). Mismunandi kröfur eru gerðar um framkvæmd tannholsmeðferðar í tannlæknanámi og á sumum stöðum er fjöldi tilvika sem henta nemendum takmarkaður (52, 54, 55). Það getur leitt til þess að nýútskrifaða tannlækna skorti ákveðna reynslu (56). Endurmenntun og nám alla starfsævina er nauðsynlegur þáttur í menntun tannlækna en kemur ekki í stað ófullnægjandi grunnnáms (57, 58). Því þarf að leggja áherslu á að styrkja og styðja kennslu í tannlæknaskólum. Á samkeppnismarkaði eiga menntastofnanir oft undir högg að sækja að fá framúrskarandi kennara.

### Rannsóknir

Við lok síðustu aldar komu fram nýjungar í tannholslækningum, t.d. smásjá, vélknúnar rötarpjalir og rafrænn rötarendagreinar. Slíkar tækniframfarir hafa gert sjúklingum kleift að halda tönnum sem annars hefði þurft að fjarlægja. Enn fremur hafa framfarir í smásjáræðgerðum bætt verulega árangur tannholsmeðferðar (59).

Fjármagn vantar þó til frekari rannsókna í tannlækningum (60). Nýsköpun er mikið til á hendi hagsmunaaðila, t.d. fyrirtækja sem framleiða vörur til tannlækninga. Flestir sjúklingar leita til tannlæknis vegna sársauka og almennt er talið að meðferð rötarganga fylgi sársauki (61, 62). Þekking á eiginleikum sársauka, bólguferlum, áhrifum almenns heilsufars á framvindu sjúkdóma og græðsluferli er takmörkuð (63). Einnig er þörf á aukinni þekkingu á sýkingavörnum, sýklalyfjapoli og nýjum meðferðum. Við rannsóknir er ekki aðeins nauðsynlegt að leggja áherslu á tækniframfarir heldur einnig ákveðna grunnþætti sem hugsanlega vekja ekki áhuga hagsmunaaðila á markaði.

### KOSTNAÐUR OG HEILBRIGÐISYFIRVÖLD

Kostnaður verður ávallt til staðar við tannlækningar en mögulegt er að draga kerfisbundið úr kostnaði almennings með þátttöku almannatrygginga eða tryggingafélaga. Tannlæknaþjónusta fullorðinna á Norðurlöndum er að mestu leyti greidd úr eigin vasa. Æskilegt væri að kostnaður við tannholsmeðferð væri svipaður og kostnaður við gerð og

smíði tanngera (8). Kennsla og þjálfun tannholssérfræðinga er einnig kostnaðarsöm. Hugsanlega eru viðbótartryggingar vegna tannholsméðferðar nauðsynlegar ef sjúklingar vilja halda heilbrigðum tönnum ævina á enda. Setja þar fram skýrari reglur um þátttöku almannatrygginga og tryggingafélaga í meðferð tanna, þar á meðal í tannholsméðferð.

## ÁLYKTANIR

Til framtíðar þurfa tækniframfarir sem miða að því að bæta tannholsméðferð og horfur að vera studdar betri greiningaraðferðum og bættum skilningi á sjúkdómsferli, þar á meðal eiginleikum sársauka og bólgu. Því er nauðsynlegt að framkvæma vandaðar rannsóknir á öllum stigum. Að auki geta vel fjármögnuð tryggingakerfi þar sem skilningur er á mikilvægi tannheilsu og góðri meðferðarskráningu stuðlað að rannsóknum og leitnigreiningu (trands) innan hvers samfélags. Tannlæknanám sem byggist á gagnreyndum upplýsingum ásamt nýjustu þekkingu er hugsanlega sú fjárfesting sem mestu mun skila til framtíðar tannheilsu hvers samfélags.

## HEIMILDIR

- Bjorndal L, Reit C. The annual frequency of root fillings, tooth extractions and pulp-related procedures in Danish adults during 1977-2003. *Int Endod J.* 2004;37(11):782-8.
- Fransson H, Dawson VS, Frisk F, Bjorndal L, EndoReCo, Kvist T. Survival of Root-filled Teeth in the Swedish Adult Population. *J Endod.* 2016;42(2):216-20.
- Försäkringskassan. Statistik inom tandvårdsområdet [Internet]. Stockholm: Försäkringskassan; 2021 [updated cited 2021-04-08]. Available from: [https://www.forsakringskassan.se/statistik/statistikdatabas/lut/p/z1/hY45D4JAFIR\\_iwUit73EZYk cgnGI8I25jwKwLZmEJIPx9CdqYeEw3k28yAwQSIFXaFyztCIGlFPQnMj-ba1\\_3Q1RjdCMVN7HtmcYh0Bxbh-ME4BdZCORfn0yl7ju24tkYeWHgorXfroxAjRXc aS\\_gx0QlhHGRPe9aVaaZDEhDr7ShjXvxxjvurpdSCjhMAwyE4JxkI9EKeGuSi7aD pJ3EuoywZvB-6U1mz0AEA\\_DBW!#!/tand](https://www.forsakringskassan.se/statistik/statistikdatabas/lut/p/z1/hY45D4JAFIR_iwUit73EZYk cgnGI8I25jwKwLZmEJIPx9CdqYeEw3k28yAwQSIFXaFyztCIGlFPQnMj-ba1_3Q1RjdCMVN7HtmcYh0Bxbh-ME4BdZCORfn0yl7ju24tkYeWHgorXfroxAjRXc aS_gx0QlhHGRPe9aVaaZDEhDr7ShjXvxxjvurpdSCjhMAwyE4JxkI9EKeGuSi7aD pJ3EuoywZvB-6U1mz0AEA_DBW!#!/tand) (opened 27.06.2022).
- Razdan A, Jungnickel L, Schropp L, Vaeth M, Kirkevang LL. Trends of endodontic and periapical status in adult Danish populations from 1997 to 2009: A repeated cross-sectional study. *Int Endod J.* 2022;55(2):164-76.
- Azarapazhooh A, Dao T, Ungar WJ, Da Costa J, Figueiredo R, Krahn M, et al. Patients' Values Related to Treatment Options for Teeth with Apical Periodontitis. *J Endod.* 2016;42(3):365-70.
- Friedman S, Mor C. The success of endodontic therapy--healing and functionality. *J Calif Dent Assoc.* 2004;32(6):493-503.
- Dugas NN, Lawrence HP, Teplitsky P, Friedman S. Quality of life and satisfaction outcomes of endodontic treatment. *J Endod.* 2002;28(12):819-27.
- Gatten DL, Riedy CA, Hong SK, Johnson JD, Cohenca N. Quality of life of endodontically treated versus implant treated patients: a University-based qualitative research study. *J Endod.* 2011;37(7):903-9.
- Hamasha AA, Hatiwsh A. Quality of life and satisfaction of patients after nonsurgical primary root canal treatment provided by undergraduate students, graduate students and endodontic specialists. *Int Endod J.* 2013;46(12):1131-9.
- Dahlstrom L, Lindwall O, Rystedt E, Reit C. 'Working in the dark': Swedish general dental practitioners on the complexity of root canal treatment. *Int Endod J.* 2017;50(7):636-45.
- Sebring D, Dimenas H, Engstrand S, Kvist T. Characteristics of teeth referred to a public dental specialist clinic in endodontics. *Int Endod J.* 2017;50(7):629-35.
- Laukkanen E, Vehkalahti MM, Kotiranta AK. Radiographic outcome of root canal treatment in general dental practice: tooth type and quality of root filling as prognostic factors. *Acta Odontol Scand.* 2021;79(1):37-42.
- Fransson H, Bjorndal L, Frisk F, Dawson VS, Landt K, Isberg PE, et al. Factors Associated with Extraction following Root Canal Filling in Adults. *J Dent Res.* 2021;100(6):608-14.
- Wigsten E, EndoReCo, Kvist T. Patient record assessment of results and related resources spent during 1 year after initiation of root canal treatment in a Swedish public dental organization. *Int Endod J.* 2022.
- Haug SR, Solfeld AF, Ranheim LE, Bardsen A. Impact of Case Difficulty on Endodontic Mishaps in an Undergraduate Student Clinic. *J Endod.* 2018;44(7):1088-95.
- Knight A, Blewitt I, Al-Nuaimi N, Watson T, Herzog D, Festy F, et al. Rapid Chairside Microbial Detection Predicts Endodontic Treatment Outcome. *J Clin Med.* 2020;9(7).
- Mente J, Petrovic J, Gehrig H, Rampf S, Michel A, Schurz A, et al. A Prospective Clinical Pilot Study on the Level of Matrix Metalloproteinase-9 in Dental Pulpal Blood as a Marker for the State of Inflammation in the Pulp Tissue. *J Endod.* 2016;42(2):190-7.
- Rechenberg DK, Galicia JC, Peters OA. Biological Markers for Pulpal Inflammation: A Systematic Review. *PLoS One.* 2016;11(11):e0167289.
- Zehnder M, Belibasakis GN. A critical analysis of research methods to study clinical molecular biomarkers in Endodontic research. *Int Endod J.* 2021.
- Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontology position statement: Use of cone beam computed tomography in Endodontics: European Society of Endodontology (ESE) developed by. *Int Endod J.* 2019;52(12):1675-8.
- Hol C, Hellen-Halme K, Torgersen G, Nilsson M, Moystad A. How do dentists use CBCT in dental clinics? A Norwegian nationwide survey. *Acta Odontol Scand.* 2015;73(3):195-201.
- Strindberg JE, Hol C, Torgersen G, Moystad A, Nilsson M, Nasstrom K, et al. Comparison of Swedish and Norwegian Use of Cone-Beam Computed Tomography: a Questionnaire Study. *J Oral Maxillofac Res.* 2015;6(4):e2.
- Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. *J Dent Res.* 2020;99(7):769-74.
- Aminoshariae A, Kullild J, Nagendrababu V. Artificial Intelligence in Endodontics: Current Applications and Future Directions. *J Endod.* 2021;47(9):1352-7.
- Clark D, Khademi J. Modern molar endodontic access and directed dentin conservation. *Dent Clin North Am.* 2010;54(2):249-73.
- Silva E, Pinto KP, Ferreira CM, Belladonna FG, De-Deus G, Dummer PMH, et al. Current status on minimal access cavity preparations: a critical analysis and a proposal for a universal nomenclature. *Int Endod J.* 2020;53(12):1618-35.
- Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Krahl G, Kuhl S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *Int Endod J.* 2016;49(10):966-72.
- Endodontology ESO. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J.* 2006;39(12):921-30.
- Markvart M, Fransson H, EndoReCo, Bjorndal L. Ten-year follow-up on adoption of endodontic technology and clinical guidelines amongst Danish general dental practitioners. *Acta Odontol Scand.* 2018;76(7):515-9.
- Leinonen S, Vehkalahti MM. Compliance with Key Practices of Root Canal Treatment Varies by the Reward System Applied in Public Dental Services. *J Endod.* 2021;47(10):1592-7.
- Malmberg L, Hagg E, Bjorkner AE. Endodontic infection control routines among general dental practitioners in Sweden and Norway: a questionnaire survey. *Acta Odontol Scand.* 2019;77(6):434-8.
- Bergenholtz G. Assessment of treatment failure in endodontic therapy. *J Oral Rehabil.* 2016;43(10):753-8.
- Ruksakiet K, Hanák L, Farkas N, Hegyi P, Sadaeng W, Czumbel LM, et al. Antimicrobial Efficacy of Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite in Root Canal Disinfection: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Endodontics.* 2020;46(8):1032-41.e7.
- Haapasalo M, Wang Z, Shen Y, Curtis A, Patel P, Khakpour M. Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite. *J Endod.* 2014;40(8):1178-81.
- Sigurdsson A, Garland RW, Le KT, Woo SM. 12-month Healing Rates after Endodontic Therapy Using the Novel GentleWave System: A Prospective Multicenter Clinical Study. *J Endod.* 2016;42(7):1040-8.



36. Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics*. 2012;27(1):74-102.
37. Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2005;99(2):231-52.
38. Ma J, Tong Z, Ling J, Liu H, Wei X. The effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine irrigants on the antibacterial activities of alkaline media against *Enterococcus faecalis*. *Arch Oral Biol*. 2015;60(7):1075-81.
39. Kvist T, Molander A, Dahlen G, Reit C. Microbiological evaluation of one- and two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a randomized, clinical trial. *J Endod*. 2004;30(8):572-6.
40. Kumar G, Tewari S, Tagg J, Chikindas ML, Popov IV, Tiwari SK. Can Probiotics Emerge as Effective Therapeutic Agents in Apical Periodontitis? A Review. *Probiotics Antimicrob Proteins*. 2021;13(2):299-314.
41. Poveda Roda R, Bagán JV, Sanchis Bielsa JM, Carbonell Pastor EJMO, Patología Oral y Cirugía Bucal. Antibiotic use in dental practice: A review. 2007;12(3):186-92.
42. Laxminarayan R, Duse A, Wattal C, Zaidi AKM, Wertheim HFL, Sumpradit N, et al. Antibiotic resistance—the need for global solutions. *The Lancet Infectious Diseases*. 2013;13(12):1057-98.
43. Laxminarayan R, Heymann DL. Challenges of drug resistance in the developing world. *BMJ*. 2012;344:e1567.
44. Prieto-Prieto J, Calvo A. Microbiological basis of oral infections and sensitivity to antibiotics. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2004;9 Suppl:15-8; 1-4.
45. Bresco-Salinas M, Costa-Riu N, Berini-Ayres L, Gay-Escoda C. Antibiotic susceptibility of the bacteria causing odontogenic infections. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2006;11(1):E70-5.
46. Li G-H, Niu L-N, Zhang W, Olsen M, De-Deus G, Eid AA, et al. Ability of new obturation materials to improve the seal of the root canal system: a review. *Acta Biomater*. 2014;10(3):1050-63.
47. Ørstavik D. Endodontic filling materials. *Endodontic Topics*. 2014;31(1):53-67.
48. Kim SG, Malek M, Sigurdsson A, Lin LM, Kahler B. Regenerative endodontics: a comprehensive review. *Int Endod J*. 2018;51(12):1367-88.
49. Liu Y, Gan L, Cui DX, Yu SH, Pan Y, Zheng LW, et al. Epigenetic regulation of dental pulp stem cells and its potential in regenerative endodontics. *World J Stem Cells*. 2021;13(11):1647-66.
50. Lin LM, Huang GT, Sigurdsson A, Kahler B. Clinical cell-based versus cell-free regenerative endodontics: clarification of concept and term. *Int Endod J*. 2021;54(6):887-901.
51. Kearney M, Cooper PR, Smith AJ, Duncan HF. Epigenetic Approaches to the Treatment of Dental Pulp Inflammation and Repair: Opportunities and Obstacles. *Front Genet*. 2018;9:311.
52. Baaij A, Ozok AR, Vth M, Musaeus P, Kirkevang LL. Self-efficacy of undergraduate dental students in Endodontics within Aarhus and Amsterdam. *Int Endod J*. 2020;53(2):276-84.
53. Haug SR, Linde BR, Christensen HQ, Vilhjálmsson VH, Bardsen A. An investigation into security, self-confidence and gender differences related to undergraduate education in Endodontics. *Int Endod J*. 2021;54(5):802-11.
54. Gatley S, Hayes J, Davies C. Requirements, in terms of root canal treatment, of undergraduates in the European Union: an audit of teaching practice. *Br Dent J*. 2009;207(4):165-70.
55. Qualltrough AJ. Undergraduate endodontic education: what are the challenges? *Br Dent J*. 2014;216(6):361-4.
56. Patel J, Fox K, Grieveson B, Youngson CC. Undergraduate training as preparation for vocational training in England: a survey of vocational dental practitioners' and their trainers' views. *British dental journal*. 2006;201(S5):9-15.
57. Whitney EM, Walton JN, Aleksejuniene J, Schönwetter DJ. Graduating Dental Students' Views of Competency Statements: Importance, Confidence, and Time Trends from 2008 to 2012. *J Dent Educ*. 2015;79(3):322-30.
58. Christensen HQ, Linde BR, Bardsen A, Vilhjálmsson VH, Haug SR. Influence of dental education on adoption and integration of technological aids in the delivery of endodontic care by dental practitioners: a survey. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2022:1-8.
59. Tsesis I, Rosen E, Taschieri S, Telishevsky Strauss Y, Ceresoli V, Del Fabbro M. Outcomes of Surgical Endodontic Treatment Performed by a Modern Technique: An Updated Meta-analysis of the Literature. *Journal of Endodontics*. 2013;39(3):332-9.
60. D'Souza RN, Colombo JS. How Research Training Will Shape the Future of Dental, Oral, and Craniofacial Research. Chicago 2017. p. eS73-eS82.
61. Wigsten E, Jonasson P, EndoReCo, Kvist T. Indications for root canal treatment in a Swedish county dental service: patient- and tooth-specific characteristics. *Int Endod J*. 2019;52(2):158-68.
62. Wigsten E, Al Hajj A, Jonasson P, EndoReCo, Kvist T. Patient satisfaction with root canal treatment and outcomes in the Swedish public dental health service. A prospective cohort study. *Int Endod J*. 2021.
63. Zilinskaite-Petrauskiene I, Haug SR. A Comparison of Endodontic Treatment Factors, Operator Difficulties, and Perceived Oral Health-related Quality of Life between Elderly and Young Patients. *Journal of Endodontics*. 2021;47(12):1844-53.
64. Bletsa A, Iden O, Sulo G, Berggreen E. Work experience influences treatment approaches in endodontics: a questionnaire survey among dentists in Western Norway. *Acta Odontol Scand*. 2019;77(8):617-23.
65. Hull EE, Montgomery MR, Leyva KJ. HDAC Inhibitors as Epigenetic Regulators of the Immune System: Impacts on Cancer Therapy and Inflammatory Diseases. *Biomed Res Int*. 2016;2016:8797206.
66. Duncan HF, Smith AJ, Fleming GJ, Cooper PR. Histone deacetylase inhibitors induced differentiation and accelerated mineralization of pulp-derived cells. *J Endod*. 2012;38(3):339-45.

English Summary

## Future Directions in Endodontics

ANCA VIRTEJ, DR. ODONT, DEPARTMENT OF CLINICAL DENTISTRY, FACULTY OF MEDICINE, POSTDOC, DEPARTMENT OF MAXILLOFACIAL SURGERY, HAUKELAND HOSPITAL, UNIVERSITY OF BERGEN, BERGEN, NORWAY

ORCID ID: 0000-0001-5918-3663

EMMA WIGSTEN, DR. ODONT, DEPARTMENT OF ODONTOLOGY, SAHLGRENSKA ACADEMY, UNIVERSITY OF GOTHENBURG, SWEDEN

ORCID ID: 0000-0001-9914-8205

DAG ØRSTAVIK, DR. ODONT, PROFESSOR, INSTITUTE OF CLINICAL DENTISTRY, FACULTY OF DENTISTRY, UNIVERSITY OF OSLO, NORWAY

ORCID ID: 0000-0003-0161-7857

SIVAKAMI RETHNAM HAUG, DR. ODONT., SPECIALIST IN ENDODONTICS, DEPARTMENT OF CLINICAL DENTISTRY, UNIVERSITY OF BERGEN, BERGEN, NORWAY

ORCID ID: 0000-0003-1930-8542

ICELANDIC DENT J 2023; 41(2): 96–105

doi: 1033112/tann.41.2.9

Preserving a tooth with root canal treatment (RCT) has a positive impact on the patient's oral health-related quality of life. However, cross-sectional studies show that the technical quality of root fillings is less than optimal. In the future, more dental practitioners need to evaluate case difficulty and decide on whether they want to treat a tooth or refer to a specialist. The concept of minimally invasive treatment has been advocated during cavity preparation, instrumentation, and regenerative procedures. Unfortunately, long-term clinical outcome studies are lacking in this area. Research in pain mechanisms, inflammatory processes, the impact of systemic health on disease progression, and healing mechanisms is scarce. Infection control, antibiotic resistance and new antibacterial treatment regimens are issues to address in the future. We may anticipate increased regulation and administration of dental, including endodontic, services through insurance schemes and government involvement. Improved quality of service provision through a high standard of dental education is the most important investment to shape endodontics in the future. Health authorities and media may then present endodontic treatment as a safe, reliable, and effective option that is performed to benefit patients.

**Keywords:** Dental education, Health Authorities, Innovations, Quality of life, Research

**Correspondence:** ANCA VIRTEJ, Anca.Virtej@uib.no