

ABSTRACT

INTRODUKTION OG FORMÅL – Rodperforation ved stiftudboring er velkendt. Der undersøges ved placering af rodstift, om brug af varme til guttaperkafjernelse sammenlignet med mekanisk fjernelse med Largo bor er dentinbesparende og dermed potentielt komplikationsnedsættende.

MATERIALE OG METODER – 92 mandibulære molarer anvendtes til udvikling og undersøgelse af varmeteknikken. 30 tandlægestuderende (6. og 8. semester) fik udleveret molarer rodfyldt distalt med henblik på guttaperkafjernelse og stiftpræparation ved placering af rodstift. Følgende effektmål blev anvendt: +/- rodperforation; ændringer i kanalvægstykkelsen efter guttaperkafjernelse samt stiftpræparation registreret på 2D- og 3D-røntgen; +/- temperaturstigning over defineret kritisk grænseværdi. Guttaperka blev fjernet med Largo bor i kontrolgruppen og med varme i testgruppen. Grupperne blev afsluttet med samme standardiserede procedure for stiftpræparation. Tidsmåling blev udført og procedurerne kvalitativt evalueret.

RESULTATER OG KONKLUSION – Den gennemsnitlige temperaturstigning ($4,8 \pm 1,2$ °C) ved varmeteknikken overskred ikke den kritiske grænse på 10 °C. Efter guttaperkafjernelse og stiftpræparation var kanalvæggene reduceret med $0,9 \pm 0,6$ mm i kontrolgruppen overfor $0,5 \pm 0,4$ mm i testgruppen. I kontrolgruppen viste røntgendata øget dentinfjernelse mesialt sammenlignet med testgruppen ($P = 0,001$) samt én rodperforation versus ingen i testgruppen. Tidforbruget var kortere ved varmeteknikken og var signifikant bedre til at ramme planlagt præparationsdybde ($P = 0,031$). Majoriteten af tandlægestuderende foretrak varmeteknikken. Varmeteknikken bør afdækkes i fremtidige kliniske studier, men flere forhold viser, at varmeteknikken er lovende som en komplikationsnedsættende faktor ved placering af rodstift.

EMNEORD Dentine | dentine pulp cavity | gutta-percha | heating | X-ray



Korrespondanceansvarlig førsteforfatter:
LONE ROUSING LAURIDSEN
djp347@alumni.ku.dk

Dentinbesparelse ved stiftudboring – varme versus mekanisk fjernelse af guttaperka med Largo bor

LONE ROUSING LAURIDSEN, stud.odont., skolarstipendiat, Cariologi og Endodonti, Sektion for Klinisk Oral Mikrobiologi, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet

AZAM BAKHSHANDEH, lektor, ph.d., tandlæge, Cariologi og Endodonti samt Oral radiologi, Sektion for Klinisk Oral Mikrobiologi, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet

LARS BJØRNDAL, lektor, dr.odont., ph.d., tandlæge, Cariologi og Endodonti, Sektion for Klinisk Oral Mikrobiologi, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet

► Accepteret til publikation den 13. november 2023

[Online før print]

NÅR EN RODBEHANDLET TAND har nået et punkt, hvor tandsubstansen er stærkt reduceret pga. cuspisfraktur, caries, fyldninger eller som følge af endodontisk behandling (Fig. 1A og B), kan det være indiceret, at tanden genopbygges med stift, opbygning samt støbt restaurering (1-5). Førstnævnte for at opnå tilstrækkelig retention af opbygningen. Det er udbredt, at guttaperkafjernelse er mekanisk baseret med anvendelse af et roterende bor (Fig. 1C) (3,6). Boret placeres over rodfyldningen, hvorefter den koronale del samt noget af rodkanalvæggen fjernes mekanisk (4). Den mest apikale del af rodfyldningen bibeholdes, for at denne fortsat er tæt (2,3). En af udfordringerne ved en optimal guttaperkafjernelse samt stiftudboring er muligheden for at følge rodfyldningen uden at afvige fra rodkanalen (7,8). Perforation af tandroden kan ske ved ukorrekt vinkling (Fig. 1C og D), og risikoen forstærkes yderligere ved kraftigt reduceret tandsubstans i den cervikale del af kronen (9,10). Inspektion og belysning kan være besværliggjort, og endelig kan rodfyldningen være meget hård, hvilket komplicerer den taktile sansning under præparationen (9,11). Den utilsigtede vinkling af stiftudboringen, ultimativt rodperforationen,

Patienttilfælde med rodperforation

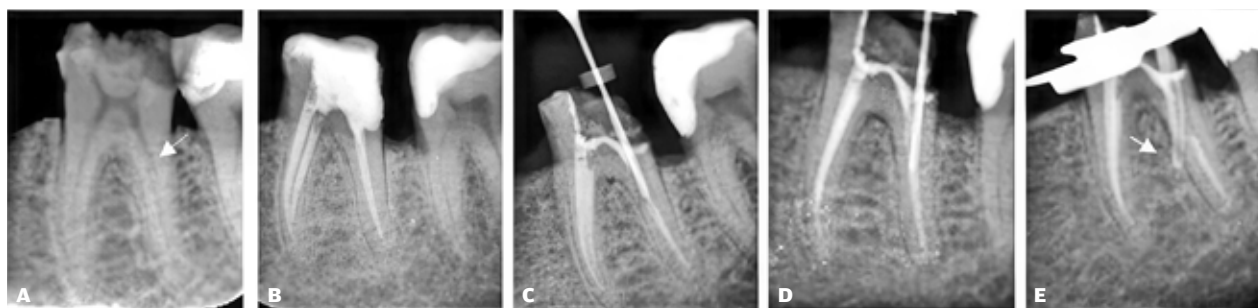


Fig. 1. Radiologisk sekvens efter rodperforation i forbindelse med stiftpræparation i en underkæbemolar (-6). **A.** Røntgenbillede før rodbehandling. Rodkanalmorfologien viser, at den distale rod har to adskilte rodkanaler (pil). **B.** Rodbehandling afsluttet og kontrolleret. **C.** Initial mekanisk fjernelse af rodafyldning. **D.** Efter mekanisk fjernelse af rodafyldning ses en retningsafvigelse i forhold til den nederst beliggende rodafyldning. **E.** En midlertidig fyldning af rodkanalen viser rodperforationen (pil). Der er indhentet patientsamtykke til visning af røntgenbilleder.

Fig. 1. Radiologic sequence after root perforation in connection with mechanical preparation of a post in a mandibular molar (-6). **A.** Radiograph before the procedure. The morphology of the root canal shows that the distal root has two separate root canals (arrow). **B.** Procedure completed and controlled. **C.** Initial mechanical removal of root filling. **D.** After the mechanical removal of root filling the direction of the drill deviates from the lowest part of the root filling. **E.** A temporary filling of the root canal shows the root perforation (arrow). The pictures are used with the permission and consent of the patient.

kan forekomme for selv en erfaren tandlæge, da sågar et optimalt 2D-røntgenbillede ikke altid gengiver korrekt morfologi (11,12).

Ifølge Tandlægeforeningens Tandskadeforsikring udgjorde de årlige tilfælde af rodperforation ved stiftudboring med anvendelse af bor (i forbindelse med genopbygning af tand) gennemsnitligt 55 tilfælde over de sidste fem år (13). Eftersom disse tal kun har at gøre med officielle rapporterede begivenheder, afspejler det sandsynligvis kun "toppen af isbjerget", og derfor er komplikationer under stiftudboring forventeligt højere (14). Samlet set er det relevant at undersøge, om der forefindes en mere dentinbesparende samt potentielt komplikationsnedsættende procedure ved guttaperkafjernelse, når forberedelse til rodstiftplacering udføres.

Guttaperka er det foretrukne rodfyldningsmateriale (15,16) i kraft af dets plastiske egenskaber; endvidere har materialet et smeltepunkt på 60 °C (17). Sidstnævnte gør det muligt at håndtere guttaperka i flydende tilstand (16,18). Ved stiftudboring fjernes guttaperka i dets faste form fra kanalen mekanisk med eksempelvis Gates-Glidden eller Largo bor (18). Internationalt anføres det, at guttaperkafjernelse kan ske med anvendelse af varme (5), men det påpeges, at teknikken er mere tidskrævende (19) og historisk ikke særlig udbredt (20).

Til forebyggelse af permanente skader på særligt det parodontale væv som følge af en opvarmning, har studier vist, at det er fysiologisk acceptabelt, såfremt temperaturstigningen holdes under 10 °C i forhold til mundhuletemperaturen (16,21,22). Hvorvidt temperaturen vil overstige 10 °C ved en termisk fjernelse af guttaperka i forbindelse med stiftpræparation med anvendelsen af nyere varmepinde, er ikke beskrevet i litteraturen. Med dette forbehold er hypotesen for nærværende *in vitro*-studie, at en delvis fjernelse af rodfyldningen med varme versus mekanisk fjernelse er komplikationsnedsættende. Det kan øge sikkerheden ved stiftudboring, da det forventes, at der fjernes mindre tandvæv i morfologisk

udsatte områder, og dermed ultimativt færre utilsigtede partielle perforationer.

Formålet med dette studie er at undersøge, (i) om en varmeteknik til guttaperkafjernelse ved stiftudboring er klinisk brugbar, samt (ii) om varmeteknik er mere tandbesparende end en mekanisk guttaperkafjernelse med Largo bor undersøgt ved analyser på periapikale røntgenbilleder (2D) samt Cone Beam Computer Tomografi – CBCT (3D).

MATERIALE OG METODER

Pilotstudier




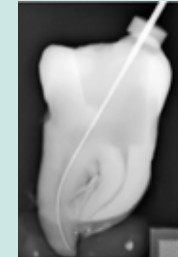
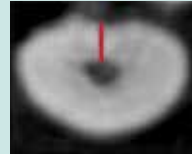
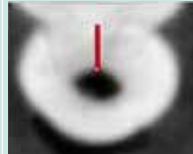
22 intakte, rodlukkede, humane, permanente, mandibulære molarer (ekstraheret af anden årsag end studiets formål stammende fra en ikke personhenførbare tandbase) fik rodkomplekset indlagt i alginat for at måle temperaturstigningen ved både mekanisk og termisk guttaperkafjernelse. Alginaten blev brugt som et tidligere beskrevet alternativ til tandens parodontium (16). Med en skalpel blev alginaten fjernet midtinds på den distale rodkomponent, så den var blottet, og sensoren på det digitale termometer (DTM-305, Tecpel, Taiwan) kunne monteres ved brug af flowplast (SDR® flow+, Dentsply Sirona, Danmark). Varmepinden blev anvendt som foreskrevet (Elements IC, Kerr, USA) samtidig med den højeste temperaturstigning, og varigheden af denne blev noteret.

Til udvælgelse af den mest optimale størrelse af varmespiden blev denne sammenlignet med omkredsen af kanalindgangen, således at det ved placeringen af varmespiden var muligt at se guttaperka hele vejen rundt i kanalens periferi. Effektmål for pilotstudierne udgjorde temperaturstigninger samt udfærdigelse af en procedurebeskrivelse for teknikken.

Varme versus mekanisk fjernelse af guttaperka

Yderligere 70 tænder af samme type som beskrevet ovenfor blev udvalgt. Efter rensning med vandig thymolopløsning (0,1 %) blev rodkomplekset på hver tand indlejret i utili- ▶

Morfologisk inddelt efter længde, vinkel og tykkelse af distal rod på underkæbemolar

Kort tand og lille vinkel	Tynd væg (test):	3			
	Tynd væg (kontrol):	4			
	Tyk væg (test):	7			
	Tyk væg (kontrol):	6			
Kort tand og stor vinkel	Tynd væg (test):	4			
	Tynd væg (kontrol):	5			
	Tyk væg (test):	3			
	Tyk væg (kontrol):	3			
Lang tand og lille vinkel	Tynd væg (test):	4			
	Tynd væg (kontrol):	4			
	Tyk væg (test):	4			
	Tyk væg (kontrol):	3			
Lang tand og stor vinkel	Tynd væg (test):	6			
	Tynd væg (kontrol):	5			
	Tyk væg (test):	4			
	Tyk væg (kontrol):	5			
Samlet total		70			
Kort tand:	Lang tand:	Lille vinkel:	Stor vinkel:	Tynd væg:	Tyk væg:
					

Tabel 1. Oversigt over inddeling af tænder ud fra de tre morfologiske kriterier.

Table 1. Overview of the distribution of teeth from the three morphological criteria.

tyvoks samt indstøbt i Epofix resin® (Struers, Ager Scientific, England). Både konventionelle 2D-røntgenbilleder (60 kV, 7 mA og eksponeringstid 0,032 sek., Planmeca ProXTM, Planmeca, Finland) og CBCT-scanninger (FOV 334 x 334 x 334 pix, voxelstørrelse 150 µm, 100 kV, 12,5 mA og eksponeringstid 8 sek., Planmeca Viso® 3D-scanner, Planmeca, Finland) blev taget af alle tænderne. Herefter blev den distale rodkomponent mekanisk udrenset og rodfyldt, jævnfør standard principper (23). For at illudere en helt rodfyldt tand blev de mesiale rodkanaler markeret med guttaperka. Alle tænderne blev efterfølgende forsynet med en plastisk restaurering (Herculite™ XRV, Kerr, USA) samt CBCT-scannet. På baggrund af både 2D- og 3D-data blev tænderne inddelt i otte morfologiske grupper svarende til ens fordeling mellem rodlængde. Grænseværdier blev defineret på hhv. kort (< 15 mm) og lang rod (16-23 mm) samt lille ($\leq 14^\circ$) og stor ($15-41^\circ$) krumningsgrad af roden samt tynd ($\leq 1,6$ mm) og tyk ($\leq 2,4$ mm) kanalvæg. Tænderne

blev tilfældigt inddelt med ratio 1:1 i en testgruppe (termisk guttaperkafjernelse) og en kontrolgruppe (mekanisk guttaperkafjernelse), således at de rod-morfologiske karakteristika var sammenlignelige (Tabel 1).

30 tandlægestuderende deltog i forsøget, hvoraf 21 var fra 6. semester på bacheloruddannelsen (uden forudindtaget kendskab til teknikker vedrørende stiftpræparation), og ni var fra 2. semester på kandidatuddannelsen (med begrænset kendskab til stiftpræparation). Hver forsøgsdeltager fik udleveret to tænder med henblik på gennemførelse af stiftpræparation, herunder guttaperkafjernelse svarende til hhv. en mekanisk procedure og en varmeprocEDURE (Fig. 2). Én tandlægestuderende ad gangen gennemførte proceduren på én tand ad gangen. Forsøgene foregik på et fantomhoved i et klinisk simuleringsmiljø. Afhængigt af udfaldet af de indledende metodestudier anvendtes protokolbeskrivelser for begge procedurer samt et 2D-røntgenbillede af den rodbehandlede

tand. Det var tilfældigt, hvorvidt test- eller kontrolprotokol blev påbegyndt først, og deltagerne blev ikke informeret om, hvad der var såkaldt test- eller kontrolgruppe. Plastfyldningen blev fjernet af de tandlægestuderende, så tanden var helt op-lukket med frit udsyn til alle rodfyldte kanalindgange. På baggrund af 2D-røntgenbilleder blev referencestoppene på hhv. varmepinden (Elements IC, Kerr, USA) og bor sat til dobbelt kronehøjde ift. en koronal reference. De aktuelle teknikker er anført nedenfor.

Termisk guttaperkafjernelse (testprotokol)

Varmepinden tændes på 200 °C, og spidsen placeres over den distale kanalindgang, som nedsænkes svarende til planlagt ▶

klinisk relevans

Ifølge Tandlægeforeningens Tandskadeforsikring er der i gennemsnit over de sidste fem år blevet anmeldt 55 sager om parital perforation i forbindelse med stiftudboring med anvendelse af mekanisk teknik. Dette svarer til omkring 3 % af alle anmeldte sager. Eftersom disse tal kun har at gøre med officielle rapporterede hændelser, afspejler det sandsynligvis kun "toppen af isbjerget", og derfor er det forventede antal endnu højere. Anvendelse af varme til fjernelse af guttaperka formodes at kunne reducere komplikationer ved stiftudboring.

Forsøgsopstilling

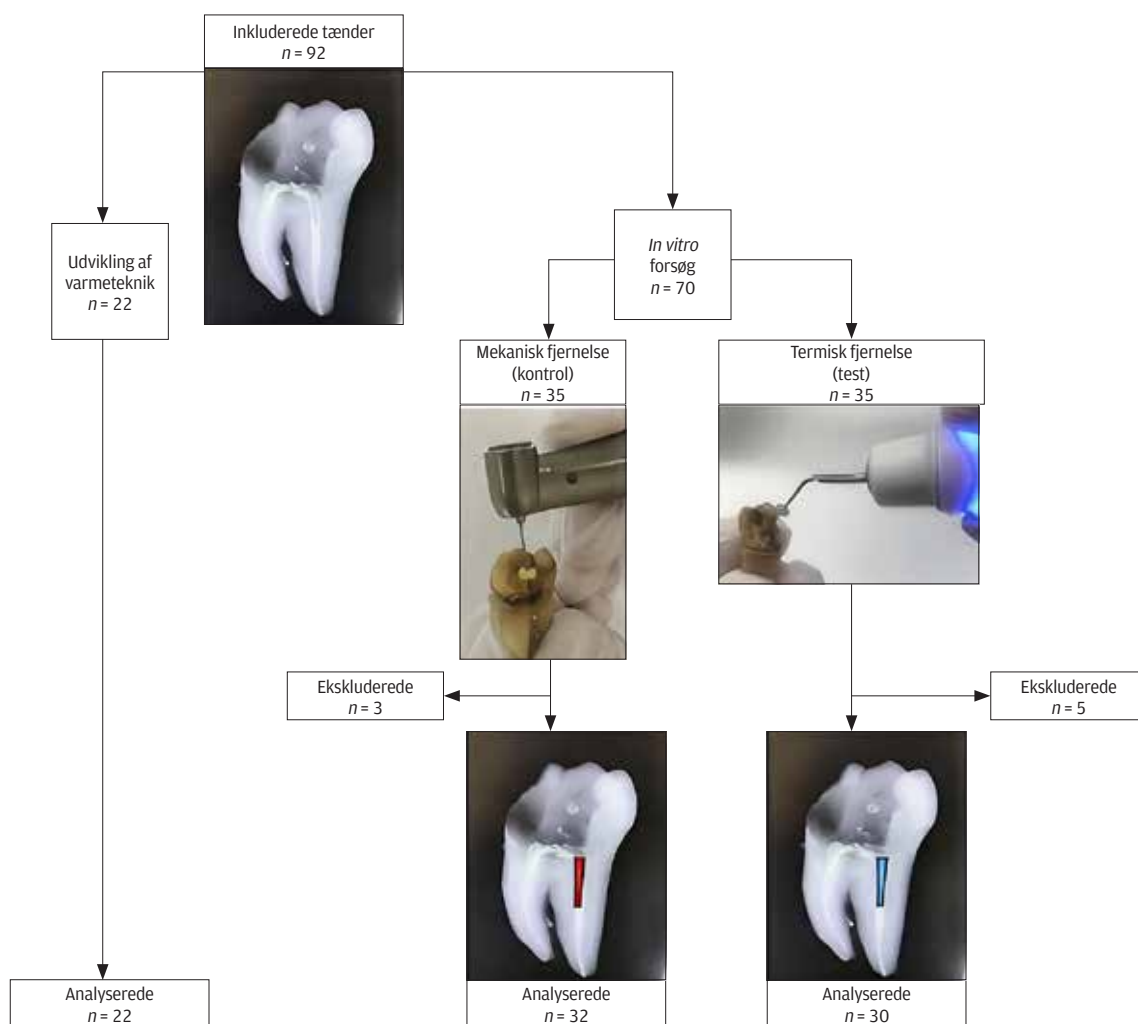


Fig. 2. Oversigt af forsøg med inkluderede (n = 92) og ekskluderede tænder (n = 8). *In vitro*-forsøget sammenligner de to teknikker (mekanisk og varme) mht. guttaperkafjernelse forud for rodstiftplacering.

Fig. 2. Overview of the experiment with enrolled (n = 92) and excluded teeth (n = 8). *In vitro* study compares the two techniques, (mechanical and thermal) with respect to removal of gutta-percha before the placement of the post.

Eksempler på 2D-røntgen af guttaperkafjernelse



Fig. 3. 2D røntgenoptagelser, som viser fire tænder henholdsvis før guttaperkafjernelse (A1, B1, C1 og D1) samt efter (A2, B2, C2 og D2). Ved A og B er der anvendt termisk teknik samt efterfølgende ParaPost bor. Der ses generelt en guttaperkafjernelse, der følger rodkanalen. Ved C og D er der gjort brug af den mekaniske teknik samt efterfølgende ParaPost bor. Ved sammenligning fra C1 til C2 ses, at proceduren har ført til en reduktion af risikolinjen (pil). Ved sammenligning fra D1 til D2 ses det, at præparationsdybden er blevet mere end dobbelt kronehøjde.

Fig. 3. 2D radiographs illustrate four teeth before gutta-percha removal (A1, B1, C1 and D1) and after (A2, B2, C2 and D2). At A and B the gutta-percha was removed with the thermal technique and followed by ParaPost drill. In general, the removal follows the gutta-percha. At C and D the gutta-percha was removed with the mechanical technique and followed by the ParaPost drill. When comparing C1 to C2 the procedure has led to a reduction of the risk line (arrow). When comparing D1 to D2 the preparation depth has become more than twice the height of the crown.

stiftedybde, jævnfør referencenylonskiven. Varmespidsen roteres rundt i kanalen i 4 sek., indtil enheden automatisk slukkes. Inden varmespidsen trækkes op af kanalen tændes for varmen, så det undgås, at den resterende guttaperka løsnes. Med en rodstopper efterkondenseres, og potentielle rester af løst guttaperka fjernes.

Mekanisk guttaperkafjernelse (kontrolprotokol)

Et Largo bor (Largo RA 32 mm, Unident®, Danmark) placeres over den distale kanalindgang, og der præpareres til planlagt stiftedybde, jævnfør referencenylonskiven, hvormed den mest centrale del af rodfyldningen fjernes.

I begge forsøgsgrupper blev rodkanalen skyllet med 2,5 % natriumhypoklorit, tørlagt og afsluttet med stiftpræparation under anvendelse af et kalibreret bor-stift-system (brun 0,9

mm, gul 1,0 mm, blå 1,14 mm og rød 1,25 mm, ParaPost X Rodbor, Dentorium ApS, Danmark). For at standardisere stiftpræparationerne i forhold til de to grupper blev det besluttet, at alle tænderne skulle afsluttes med ParaPost borstørrelse rød. Der blev optaget 2D-røntgenbilleder (Fig. 3) og CBCT-scanninger af samtlige tænder (Fig. 4) efter både guttaperkafjernelse og ParaPost præparation. Praktisk betød det, at hele forsøget blev gennemført over to gange. For begge besøg blev der målt et samlet tidsforbrug for hver af de to procedurer. Forsøgsparticipanterne fik efterfølgende udleveret spørgeskemaer vedrørende subjektiv opfattelse af de to teknikker og en vurdering af selve stiftpræparationen. Som følge af forsøgsoptagelsen kunne stiftpræparationerne gennemføres blindet i forhold til guttaperkafjernelse. Som en ekspertkontrol blev to erfarne tandlæger bedt om at gennemføre de to teknikker.

Eksempler på 3D-scanninger af guttaperkafjernelse

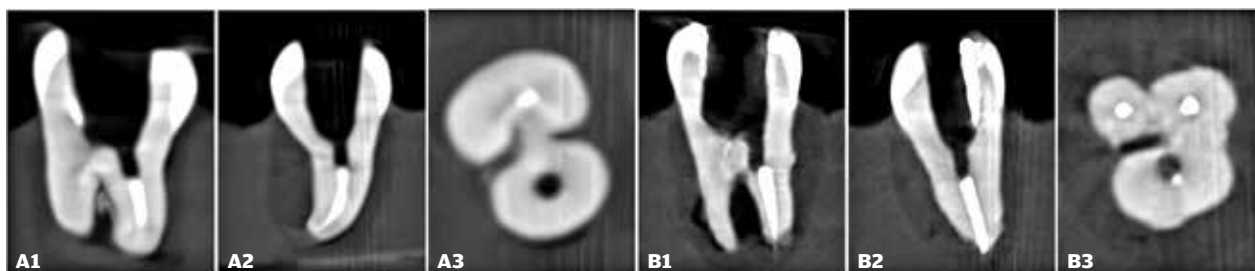


Fig. 4. 3D-scanninger, som viser to tænder efter brug af ParaPost bor set i tre planer, henholdsvis transversalt, sagittalt og aksialt. Ved A1-3 har tanden gennemgået den termiske teknik, og ved B1-3 har tanden gennemgået den mekaniske teknik.

Fig. 4. 3D scans showing that two teeth after the use of a ParaPost drill in three plans: transversal, sagittal and axial. A1-3 shows a tooth treated with the thermal technique and B1-3 shows a tooth mechanically treated.

Måling af rodsvækkelse

Mekanisk teknik							
	Gennemsnitlig reduktion af dentintykkelse langs risikolinjen fra efter rodbehandling til efter brug af Largo bor		Gennemsnitlig reduktion af dentintykkelse langs risikolinjen fra efter brug af Largo til efter brug af ParaPost bor		Total reduktion		Samlet reduktion
Side på distale rodkomponent	Distalt	Mesialt	Distalt	Mesialt	Distalt	Mesialt	Distalt og mesialt
1. måling i mm	0,10	0,27	0,16	0,41	0,26	0,68	0,94
2. måling i mm	0,11	0,26	0,15	0,34	0,26	0,60	0,86
Termisk teknik							
	Gennemsnitlig reduktion af dentintykkelse langs risikolinjen fra efter rodbehandling til efter brug af varrepinden		Gennemsnitlig reduktion af dentintykkelse langs risikolinjen fra efter brug af varrepinden til efter brug af ParaPost bor		Total reduktion		Samlet reduktion
Side på distale rodkomponent	Distalt	Mesialt	Distalt	Mesialt	Distalt	Mesialt	Distalt og mesialt
1. måling i mm	0,03	0,08	0,10	0,32	0,13	0,40	0,53
2. måling i mm	0,03	0,09	0,10	0,29	0,13	0,38	0,51

Tabel 2. Oversigt over den gennemsnitlige kanalvægsreduktion målt på 2D-røntgenoptagelser ved to målinger af to teknikker for fjernelse af guttaperka i den distale rodkomponent i underkæbemolarer. Der ses større reduktion af dentintykkelse mesialt end distalt ved risikolinjen i alle målingerne. Bemærk, de største svækkelser forekommer efter afsluttende brug af ParaPost bor.

Table 2. Overview of the average root canal weakening measured on repeated 2D-radiographs of the two techniques for removal of gutta-percha in the distal root component of mandibular molars. It is seen in all the measurements that there is a larger mesial dentine reduction than distal. Note, the largest weakening occurs after a ParaPost drill is used to complete the procedure.

Effektmål

Til vurdering af de to teknikker ift. tandbevarelse målt længden af en mulig rodsvækkelse ud fra en defineret risikolinje (Fig. 3C1). Sammenligningen skete i forhold til: (i) efter guttaperkafjernelse, (ii) efter stiftpræparation ud fra den korteste afstand til rodens ydre overflade, hhv. mesialt og distalt og (iii) den afsluttende dybde af guttaperkafjernelse. Forskellene blev tillige vurderet ud fra 2D-røntgenbilleder og CBCT-scanninger ved brug af tilgængeligt software (Romexis, Planmeca OY, Helsinki, Finland). Serponering blev benyttet med det formål at visualisere samt måle de anatomiske variationer på billeder, før og efter behandling, gennem sammenligning af to CBCT-scanninger. Sammenligningen blev udført ved enten at lægge billederne sammen i et "overlay" eller ved at placere dem side om side i en synkroniseret visning. Dette blev opnået ved at identificere tre fælles referencepunkter eller ved manuelt at justere positionen af det efterbehandlede volumen.

Statistik

Den deskriptive statistik og de statistiske test blev foretaget i SPSS (IBM, version 28.0, USA) af både 2D-røntgenbilleder, 3D-scanninger og spørgeskemaer. Ved ikke parret kontinuerlige data og ikke normalfordelt data blev der anvendt Wilcoxon Rank Sum Test. Normalfordelingen blev undersøgt ved brug af Shapiro-Wilks test. Til kategorisk data blev χ^2 -test anvendt. Signifikansniveauet blev sat til 5 %.

Til gennemprøvning af usikkerhederne i opmålingerne på 2D-røntgenbillederne blev der foretaget kontrol i form af to gentagne målinger på alle tænderne. Dette blev gjort over et længere tidsinterval. Til vurdering af reproducerbarheden af målingerne, blev der anvendt tovejs parret t-test ved normalfordeling på gentagne målinger. Hvis der ikke var normalfordeling, blev Wilcoxon Signed Rank Test anvendt. Ydermere blev Dahlberg formelen benyttet til vurdering af niveauet for usikkerhederne på metodemålingerne. ▶

Eksempler på 3D-scanninger af guttaperkafjernelse

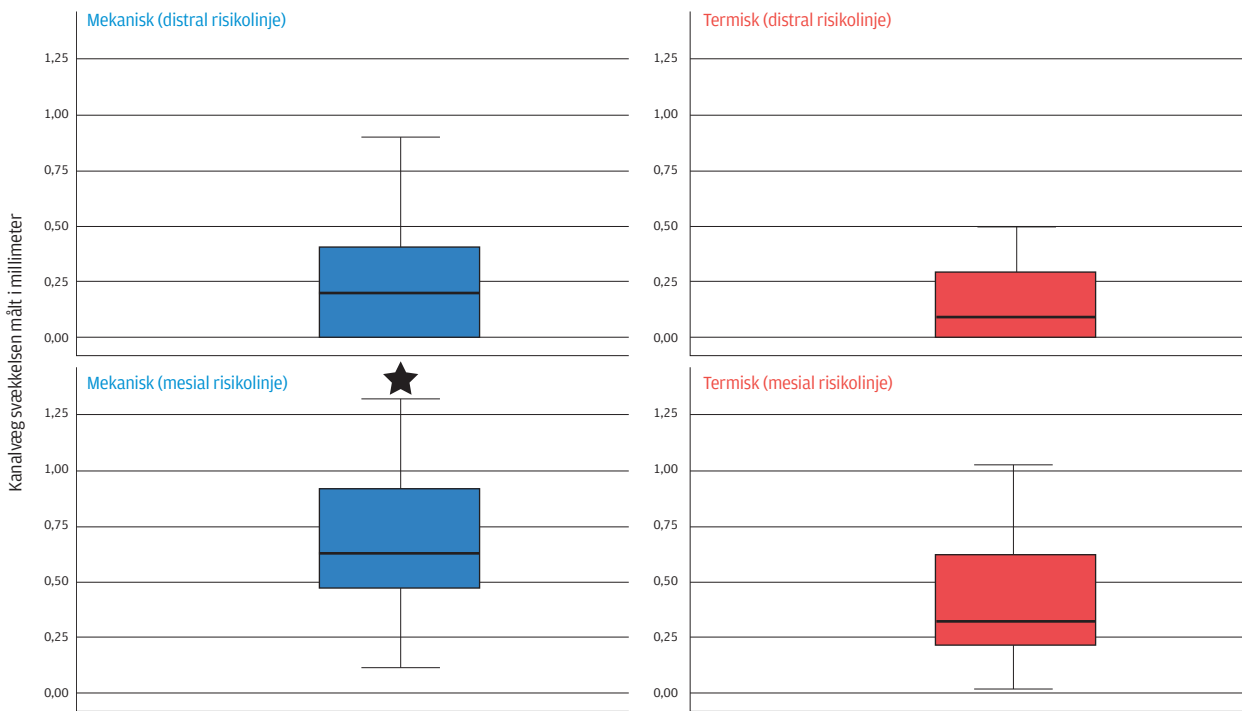


Fig. 5. Boksplots, som viser størrelsen på kanalvægsreduktionen fra efter rodbehandling til efter anvendelse af kalibreret ParaPost bor til præparation til rodstift målt på 2D-røntgenoptagelser. Den mekaniske teknik (blå) sammenlignes med varmeteknikken (rød) hhv. distalt (øverste række) og mesialt (nederste række). Boksplottene indikerer, at de fleste og største reduktioner i kanalvæggen er sket mesialt ved brug af den mekaniske teknik. Stjerne indikerer, at der er en signifikant forskel på dentinreduktionen mesialt ved sammenligning af de to metoder.

Fig. 5. Boxplots that shows the size of the root canal weakening after the root treatment to the preparation of a root post with a calibrated ParaPost drill as measured on 2D radiographs. The mechanical technique (blue) is compared with the thermal technique (red) distally (top row) and mesially (bottom row). The boxplots indicate that the majority and the largest reductions in the canal wall has happened mesially when using the mechanical technique. The star indicates that there is a significant difference on dentine reduction mesially when comparing the two techniques.

Spørgeskema om deltagernes oplevelse af stiftpræparation efter brug af de 2 teknikker (mekanisk versus varme)

Spørgeskema				
Spørgsmål	Mekanisk	Ingen forskel	Varme	Antal af svar fra studerende
Hvilken tand synes du var sværest at lave stiftpræparation på?	23	4	3	30
På hvilken tand følte du stiftpræparationen var mest sikker at gennemføre?	1	7	22	30
Hvilken tand var hurtigst at lave stiftpræparation på?	2	5	23	30

Tabel 3. Fordelingen af svar på spørgeskema efter stiftpræparation, men blindet ift. test- og kontrol-gruppen.

Table 3. The distribution of answers to questionnaire after post drill but blinded for the test- and control group.

Etiske overvejelser

Der har ikke været etiske overvejelser forbundet med projektet. Anvendt materiale er ikke personhenførbart. Patienttilfælde vist i arbejdet er gjort under patienternes samtykke.

RESULTATER

Ekskluderede tænder

Grundet ukorrekt udførelse af forsøgsprotokollerne blev otte tænder (10 %) kasseret i *in vitro*-studiet, således at 62 analyse-rede tænder ligger til grund for resultaterne (Fig. 2).

Metodestudierne

Ved anvendelse af varmeteknikken skete der i gennemsnit en temperaturstigning på $4,8 \pm 1,2$ °C i forhold til den omgivende temperatur, både ved brug af varmpinden og de efterfølgende ParaPost bor. Ved brug af den mekaniske teknik steg temperaturen samlet set i gennemsnit $1,4 \pm 0,8$ °C i forhold til den omgivende temperatur, både ved brug af Largo boret og de efterfølgende ParaPost bor.

Metodefejl

Der var ikke signifikant forskel på gentagne målinger af 2D-røntgenbillederne (Tabel 2) foretaget på hele materialet svarende til målingerne af den distale kanalvægtykkelse ($P > 0,05$). Dahlbergs formel viste desuden en metodefejl på 0,042-0,095 mm, hvilket ligger under 0,5 mm (klinisk registrerbart niveau).

Måling af risikolinjerne

I gennemsnit skete der en samlet reduktion i tykkelsen af kanalvæggene (jævnfør risikolinjerne mesialt og distalt på den distale rodkomponent) på $0,5 \pm 0,4$ mm i testgruppen og en næsten dobbelt så stor gennemsnitlig reduktion i kontrolgruppen på $0,9 \pm 0,6$ mm (Tabel 2). Forskellen på rodsvækkelserne var signifikant mesialt ($P < 0,001$), men ikke distalt ($P = 0,106$) (Fig. 5). Kontrolgruppen havde en 80 % større reduktion sammenlignet med testgruppen i det undersøgte område. Validiteten blev understøttet af både 2D-røntgenbillederne og 3D-scanningerne (Fig. 3 og 4). Efter endt stiftpræparation havde 13 tænder fra kontrolgruppen en mesial kanalvægstykkelse på under 1 mm over for to tænder fra testgruppen. Desuden forekom der én paritalperforation i kontrolgruppen, men ingen i testgruppen.

Måling af præparationsdybden

I 45 % af kontrolgruppens præparationer blev de dybere end planlagt over for 28 % af testgruppens (Fig. 3H). Den ekstra dybde, og dermed øget fjernelse af guttaperka apikalt, var således signifikant større i kontrolgruppen ($P = 0,031$).

Tidsforbrug

Ved kontrolgruppen var det samlede gennemsnitlige tidsforbrug af hele proceduren 7 min. og 53 sek., mens det var 6 min. og 40 sek. ved testgruppen. Objektivt var varmeteknikken den hurtigste af de to metoder.

Efter åbning af blindingskode omkring guttaperkafjernelsen kunne det konstateres, at den tand, hvor de studerende havde indledt med varmpinden efterfulgt af ParaPost bor, blev vurderet som nemmest, mest sikker samt hurtigst at gennemføre i forhold til kontrolgruppen (Tabel 3).

Størrelse på ParaPost bor

Ved den termiske teknik var det oftest muligt at begynde med det større gule ParaPost bor, imens det hyppigst var nødvendigt at starte med det mindre brune ParaPost bor ved den mekaniske teknik ($P < 0,001$, Tabel 4).

Først anvendte ParaPost bor

Farvekode på ParaPost bor	Mekanisk teknik	Termisk teknik
	Antal tænder	
Brun (0,9 mm)	28	11
Gul (1,0 mm)	4	16
Blå (1,14 mm)	0	1
Rød (1,25 mm)	0	2
Samlet antal	32	30

Tabel 4. Oversigt over størrelsen på det første anvendte ParaPost bor ved de to teknikker.

Table 4. Overview of the sizes of the first ParaPost drill used after the two techniques.

Ekspertvurderingen

Der forekom overensstemmelse mellem de studerendes og eksperternes samlede opfattelse af de to teknikker (data ikke vist). Klinisk sekvens fra dele af testprotokollen ses i Fig. 6. Her ses tillige sensoren fra det digitale termometer placeret i regionen, som bekræfter en ikke kritisk temperaturstigning i klinikken.

DISKUSSION

Dette aktuelle *in vitro*-studie kunne ikke afvise den opstillede hypotese. Der foreligger nu data på, at ved en samlet procedure for stiftudboring kan koronal fjernelse af rodfyldning med varme versus mekanisk fjernelse med Largo bor øge sikkerheden af stiftpræparationen. Herunder at varmeteknikken potentielt er komplikationsnedsættende, idet der fjernes mindre tandvæv i morfologisk udsatte områder i rodkanalen. Når mest roddentin blev fjernet, blev det observeret i den mesiale del af den distale rodkomponent og primært efter den samlede effekt af Largo og ParaPost bor. Kanalvægsreduktionen var signifikant større mesialt ved brug af den mekaniske teknik i forhold til varmeteknikken, hvilket blev bekræftet af både 2D- og 3D-observationerne. Samlet set syntes varmeteknikken at øge sikkerheden ved stiftpræparation, hvilket støtter antagelsen, at teknikken kan være særlig god for ikke øvede tandlæger (19). Ikke mindst kunne den planlagte stiftedybde respekteres hyppigere, og den samlede teknik kunne udføres på kortere tid, hvilket taler imod tidligere undersøgelser (19). På baggrund af en blindet effektmålsvurdering efter udført stiftpræparation viste resultaterne, at de studerende havde valgt varmeteknikken som den foretrukne procedure (Tabel 3).

Der var ikke umiddelbar forventning om, at varmeteknikken ville udgøre et problem i forhold til termisk skade af omkringliggende væv, eftersom varmpinden udgør en rutineprocedure ved anvendelse af varm guttaperkateknik ved konventionel rodfyldning. Alligevel blev det besluttet at teste dette element, da varmpinden blev anvendt anderledes i nærværende forsøg. Det er velkendt, at en temperaturstigning på 10 °C kan føre til permanente skader på det parodontale væv (16,21). Endvidere er der rapporteret patienttilfælde, hvor der efterfølgende er ►

Klinisk demonstration af guttaperkafjernelse med varmpind



Fig. 6. Klinisk eksempel af varmeteknikken samt visning af temperaturmålingen før og efter anvendelse af varmpinden. Der ses komplet koronal guttaperkafjernelse med en acceptabel temperaturstigning på 3,3 °C. Billederne er anvendt med tilladelse og samtykke fra patient.

Fig. 6. Clinical use of the thermal method where the temperature is measured before and after the use of the heat device. A complete removal is noted of the coronal gutta-percha with a minor acceptable increase in temperature of 3.3 °C. The pictures are used with the permission and consent of the patient.

opstået parodontale komplikationer (22). Den temperaturstigning, som forekom ved brug af nærværende beskrevet varmeteknik, var mindre end 5 °C og dermed uden en forventet risiko for komplikationer.

At varmeteknikken er signifikant mere tandbesparende mesialt, kan formentlig forklares ved, at underkæbemolarens hyppigt forekommende krumning i den distale rodkomponent lægger op til en utilsigtet føring af boret mesialt ved manglende opmærksomhed, samt at boret kan "trækkes" dybere ned i roden (8,24). Ved brug af varmpinden bliver den arbejdende del ligeledes styret mesialt, men modsat boret kan dybden kontrolleres bedre, da varmpinden ikke har egen rotation.

Varmepindens evne til at fjerne al guttaperka muliggjorde en sikker dybdeplacering af det efterfølgende ParaPost bor, hvorimod stiftpræparationen var signifikant dybere i de tænder, hvor der var gjort brug af den mekaniske teknik. Årsagsammenhængen er muligvis den koniske opbygning af varmespidsen med stigende kegleform. Den øgede diameter kan fungere som en sikkerhedsforanstaltning modsat Largo boret, som har parallelle sider, og dermed kan referencestopet lettere skubbes koronalt, så boret kommer tilsvarende apikalt for den planlagte stiftdybde.

Resultaterne indikerer tillige, at det oftest var unødvendigt at præparere med det mindste ParaPost bor under varmeteknikken. Ved sammenligning med den mekaniske teknik var det

derfor muligt at præparere kanalen færre gange for at udvide til og med det røde ParaPost bor. Når der anvendes et mindre antal ParaPost bor (Tabel 4), vil det samlede tidsforbrug naturligvis også blive kortere. I kontrolgruppen forekom én partial rodperforation og ingen i testgruppen. 13 tænder endte med en mesial kanalvægstykkelse på under 1 mm, hvorimod sidstnævnte kun forekom to gange i testgruppen. Dette er særligt interessant, eftersom den anbefalede størrelse af stiften bør have mindst 1 mm dentin perifert (25).

I nærværende projekt var 2/3 af forsøgsparticipanterne fra 6. semester og havde dermed ikke fået kursus i stiftudboring, hvormed uønsket forudindtagede meninger blev minimeret. Omvendt var der en begrænsning i ønsket om at generalisere resultaterne, da der blev anvendt studerende. Deres manglende erfaring er umiddelbar, og resultaterne skal selvfølgelig ses i lyset af dette. Knap 1/3 af de resterende forsøgsparticipantere blev udvalgt fra 8. semester. Uagtet semesterplacering mente 97 % af de studerende, at de følte sig mest sikre i at anvende varmpinden sammenlignet med Largo boret. De objektive og subjektive forhold blev bekræftet af de to erfarne tandlæger.

Mangel på opmærksomhed, herunder viden om rodmorfolo- gien, kan medføre en fatal udgang ved stiftudboringopræparation, men også en økonomisk konsekvens for patienten og senere for sundhedssystemet. Hvis kirurgisk efterbehandling ikke kan udføres, må tanden erstattes af en dyrere løsning så-

som et implantat eller en bro. Den økonomiske byrde for erstatningen kan nemt overstige 25.000 kr. (26). Sammenholdt med den aktuelle mangel på tandlæger på nationalt niveau (27) kan det antages, at begivenheder som disse også kan tænkes at forekomme oftere i et generelt travlt tandlægepraksismiljø. Det er dokumenteret i almen praksis indenfor sundhedssektoren, at en travl og stresset arbejdsplads kan resultere i en utilsigtet lavere kvalitet af behandlinger, der ellers er kompetence til at udføre (28).

KONKLUSION

Dette arbejde har vist et potentiale for, at varmeteknik til fjernelse af guttaperka ved stiftudboring kan være en mere sikker.

Med forbehold for begrænsningerne i studiet kan det konkluderes, at kanalvæggene i roden reduceres i mindre grad end ved anvendelse af den mekaniske teknik med Largo bor. Varmeteknikken bør afdækkes i fremtidige kliniske studier, men flere forhold viser, at varmeteknikken er lovende som en komplikationsnedsættende faktor ved placering af rodstift.

TAK

Tandlægeforeningen takkes for tildeling af skolarstipendium til udførelse af nærværende projekt. Plandent takkes for lån af software (Romexis® 3D imaging software) anvendt for sammenligning af CBCT-scanninger. ♦

ABSTRACT (ENGLISH)

DENTINE SAVING METHOD FOR POST SPACE PREPARATION – HEAT VERSUS MECHANICAL REMOVAL OF GUTTA-PERCHA WITH LARGO DRILL

INTRODUCTION AND PURPOSE – Root perforation during post placement is well known. When placing a post, it is investigated whether the use of heat for gutta-percha removal compared to mechanical removal with a Largo bur is dentine-saving and thus potentially reduces complications. **MATERIAL AND METHODS** – Ninety two molars were used in the development and examination of thermal removal of gutta-percha. 30 dental students (6th and 8th term) were given two mandibular molars rootfilled in the distal root for post preparation testing. The following outcome measures were used: +/- root perforation; changes in the thickness of the root canal after gutta-percha removal and post preparation registered on 2D and 3D x-ray images; +/- temperature rise to a defined critical threshold. In the control group the gutta-percha was mechanically removed and in the test group it was removed with heat. Both groups were

completed with the same standardised procedure of post preparation. The procedure was timed and qualitatively evaluated.

RESULTS AND CONCLUSION – The temperature rise ($4.8 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$) did not pass the critical limit of 10°C . After post preparation the walls of the root canal were reduced by 0.9 ± 0.6 mm in the control group compared to 0.5 ± 0.4 mm in the test group. In the control group both the 2D- and 3D-registrations showed a higher degree of mesial dentine removal compared to the test group ($P = 0.001$) as well as one root perforation compared to none in the test group. The thermal method was faster and significantly better at achieving the planned depth ($P = 0.031$). Most of the dental students would prefer the thermal method. The heating technique should be examined further in future clinical studies, but several factors show that the heating technique is promising as a complication-reducing factor when placing a post.

LITTERATUR

1. Kane JJ, Burgess JO. Modification of the resistance form of amalgam coronal-radicular restorations. *J Prosthet Dent* 1991;65:470-4.
2. Kuzekanani M, Ashraf H, Nikian Y. The comparison of effects of 3 methods of post space preparation on the apical seal invitro. *J Dent* 2005;22:60-4.
3. Stern N, Hirshfeld Z. Principles of preparing endodontically treated teeth for dowel and core restorations. *J Prosthet Dent* 1973;30:162-5.
4. Sapone J, Lorencki SF. An endodontic-prosthodontic approach to internal tooth reinforcement. *J Prosthet Dent* 1981;45:164-74.
5. Gulabivala K, Ng YL. The root canal-treated tooth in prosthodontic reconstruction. In: Bjørndal L, Kirkevang L-L, Whitworth J. *Textbook of Endodontology* 3. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2018;295-314.
6. Schnell FJ. Effect of immediate dowel space preparation on the apical seal of endodontically filled teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1978;45:470-4.
7. Baraban DJ. A simplified method for making posts and cores. *J Prosthet Dent* 1970;24:287-97.
8. Pilo R, Tamse A. Residual dentin thickness in mandibular premolars prepared with gates glidden and ParaPost drills. *J Prosthet Dent* 2000;83:617-23.
9. Nicholls E. Treatment of traumatic perforations of the pulp cavity. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1962;15:603-12.
10. Felton DA, Webb EL, Kanoy BE et al. Pulpal response to threaded pin and retentive slot techniques: a pilot investigation. *J Prosthet Dent* 1991;66:597-602. ▶

11. Heydecke G, Butz F, Strub JR. Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different post and core systems: an in-vitro study. *J Dent* 2001;29:427-33.
12. Gutmann JL. The dentin-root complex: Anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1992;67:458-67.
13. TANDLÆGEFORENINGEN. Strategisk analyse. Personlig kommunikation, Strategisk Analyse 2023.
14. Burlund A. Vi skal have manet myter om tilsyn til jorden. *Tandlægebladet* 2022;126:169-71.
15. Gasner NS, Brizuela M. Endodontic materials used to fill root canals. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing 2023. Tilgængelig fra: URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK587367/>
16. Cen R, Wang R, Cheung GSP. Periodontal blood flow protects the alveolar bone from thermal injury during thermoplasticized obturation: a finite element analysis study. *J Endod* 2018;44:139-44.
17. Song J, Huang B, Yu D. Progress of synthesis and application of trans-1,4-Polyisoprene. *J Appl Polym Sci* 2001;82:81-9.
18. Cheng YA, Huang SH, Hsien HC et al. Influence of cyclic heating on physical property and biocompatibility of α - and β -from gutta-percha. *J Formos Med Assoc* 2012;113:498-505.
19. Cheung W. A review of the management of endodontically treated teeth. Post, core and the final restoration. *J Am Dent Assoc* 2005;136:611-9.
20. Haddix JE, Mattison GD, Shulman CA et al. Post preparation techniques and their effect on the apical seal. *J Prosthet Dent* 1990;64:515-9.
21. Saunders EM. In vivo findings associated with heat generation during thermomechanical compaction of gutta-percha. 2. Histological response to temperature elevation on the external surface of the root. *Int Endod J* 1990;23:268-74.
22. Livada R, Hosn K, Shiloah J et al. Management of heat-induced bone necrosis following thermal removal of gutta-percha. *Quintessence Int* 2018;49:535-42.
23. Bjørndal L, Markvart M, Lange-mark C et al. Vejledning nr. 1: Endodonti – Pulpektomi og kanalbehandling. Cariologi og Endodonti, Tandlægeskolen, Københavns Universitet, 2023.
24. Fuentes R, Farfán C, Astete N et al. Distal root curvatures in mandibular molars; analysis using digital panoramic X-rays. *Folia Morphol (Warsz)* 2018;77:131-7.
25. Shaikh SY, Shaikh SS. Direct linear measurement of root dentin thickness and dentin volume changes with post space preparation: a cone-beam computed tomography study. *Contemp Clin Dent* 2018;9:77-82.
26. TANDLÆGEFORENINGEN. Tandlægepriser. (Set 2023 maj). Tilgængelig fra: URL: <https://www.sundhed.dk/borger/patientretigheder/tilskud-stoette-muligheder/tandlaege/tandlaegepriser/>.
27. Nielsen GA, Burlund A. Efterlysning; Tandlæger. *Tandlægebladet* 2019;123:763-70.
28. Calvo JM, Kwatra J, Yansane A et al. Burnout and work engagement among US dentists. *J Patient Saf* 2021;17:398-404.