Downloaded from UvA-DARE, the institutional repository of the University of Amsterdam (UvA)
http://dare.uva.nl/document/357203

File ID	357203
Filename	Chapter 11: Summary and conclusions / Samenvatting en conclusies

SOURCE (OR PART OF THE FOLLOWING SOURCE):

Type	Dissertation
Title	Insights into passive ultrasonic irrigation
Author	L. Jiang
Faculty	Faculty of Dentistry
Year	2012
Pages	116
ISBN	978-94-6191-224-4

FULL BIBLIOGRAPHIC DETAILS:
http://dare.uva.nl/record/411681

Copyright

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other then for strictly personal, individual use.

UvA-DARE is a service provided by the library of the University of Amsterdam (http://dare.uva.nl)

11

Summary and conclusions

Samenvatting en conclusies

Chapter 1 gives a general introduction and outline of the thesis. It reveals the current challenges in root canal instrumentation and highlights the importance of root canal irrigation. An overview of different irrigation techniques is discussed.

By using the groove / depression dentin debris removal model, several studies (Chapter 2-7) have been performed to evaluate the cleaning efficacy of different final irrigation protocols. In **Chapter 7**, the mechanical efficiency during irrigation with conventional syringe irrigation, manual dynamic activation (MDA) with tapered or non-tapered Gutta-Percha (GP) cones, the Safety Irrigator system, passive ultrasonic irrigation (PUI) and apical negative pressure (ANP) irrigation was investigated.

In order to understand the physical mechanisms of PUI and further improve the technique, different parameters were tested with the same model combined with the visualization of the fluid dynamical processes. In **Chapter 2**, the activation of the irrigant by the sonic device 'EndoActivator' and the physical mechanisms of sonic activation by visualizing the oscillations of the sonic tip were evaluated. The influence of oscillatory direction of the ultrasonically driven file (**Chapter 3**), the effect of pulsed ultrasound (**Chapter 4**), the effect of the ultrasonic intensity (**Chapter 5**) and the influence of the insertion depth of an ultrasonically driven file and the curvature (**Chapter 6**) on PUI performance were investigated respectively. The following could be concluded from these chapters:

- In general it has been shown that acoustic steaming and cavitation will activate the irrigant when driven by an ultrasonically oscillating file.
- The working mechanism of PUI is the acoustic streaming of the irrigant, the exact role of cavitation is still unclear.
- PUI was the most effective technique in dentin debris removal from the apical irregularities, when compared with syringe irrigation, sonic activation by the Endoactivator, MDA and ANP irrigation. The oscillation amplitude of the sonically driven tips is 1.2 ± 0.1 mm, resulting in much wall contact and no cavitation of the irrigant. MDA technique performed with a tapered GP cone is more effective than with a non-tapered GP cone.
- Oscillation of the ultrasonically driven file toward the groove is more effective in removing dentin debris from the groove than oscillation perpendicular to the groove, which can be related to the fact that there is a high-velocity jet from the file tip in a single direction following the file oscillation and a relatively slow inflow in the perpendicular direction.
- PUI with a pulsation pattern of 400 milliseconds on/400 milliseconds off and a duty cycle of 50% is more effective in removing dentin debris from a simulated apical oval extension in standardized root canals than continuous ultrasonic activation. Duty cycles of 13% and 88% showed no difference compared with continuous oscillation.
- Higher ultrasonic intensity resulted in a higher amplitude of the oscillating file and, consequently, enhanced the cleaning efficacy of PUI.
- For dentin debris removal, activation of sodium hypochlorite three times 10 seconds in combination with refreshment of the irrigant seems to be sufficient.
- A curvature in the root canal does not influence the effect of the acoustic streaming of the irrigant.

Microbe-microbe interactions may increase total biofilm formation and change the characteristics of a biofilm which may alter the resistances pattern to antimicrobials. In **Chapter 8**, the biofilm formation of eight clinical strains of *Enterococcus faecalis* with or without *Streptococcus mutans* biofilm was investigated. Later on in **Chapter 9**, the influence of the presence of *S. mutans* on the antimicrobial resistance of *E. faecalis* was also tested by using a simple and high throughput assay. The following could be concluded from these two chapters:

- Significantly more *E. faecalis* viable cells were found in biofilms in the presence of *S. mutans*. This phenomenon was, however, strain-dependent, which underlined the importance of studying biofilm formation in a more realistic multispecies setting.
- The resistance of dual-species biofilms to NaOCl was 30-fold higher than in single-species *E. faecalis* biofilms. Viability counts on a selected NaOCl treatment (0.004%) confirmed this result and showed the increased resistance of *E. faecalis* in dual-species biofilms. Clearly, the high-throughput and low cost resazurin metabolism assay has a great potential for testing novel root canal antimicrobial agents in mixed-species biofilms.

Chapter 10 includes a general discussion, focusing on the groove/depression model for testing irrigation techniques on dentin debris removal; the evaluations of PUI including streaming, cavitation, ultrasonic activation phases, temperature changes, and the influence of root canal geometrical characteristics (curvature, dimension and taper) on PUI; root canal biofilm models were discussed at the end. The following could be concluded:

- The groove/depression model can be considered effective to compare the dentin debris removal efficacy of different irrigation techniques. Using volumetric analysis could improve the accuracy of the evaluation of the depressions.
- Although higher ultrasonic intensity induces a more effective acoustic streaming of the irrigant in the root canal, instruments could be prone to breakage. Therefore it will be a challenge for the manufacturers to develop an instrument which can be used at higher ultrasonic intensities.
- A technique to control the oscillating direction of the ultrasonically activated instrument could be helpful to improve the cleaning efficacy.
- Within the range of a root canal diameter of 0.35 to 0.60 millimeter, the dentin debris removal efficacy of ultrasonically activated irrigation using the intermittent flush technique will not be influenced by the taper of the root canal.
- The rest phase during the inactivation period of PUI also plays a role in the cleaning efficacy mechanically and/or chemically, and needs to be elucidated in the future work.

Hoofstuk 1 geeft een algemene introductie en een overzicht van het proefschrift. Het beschrijft de nadelen van de instrumentatie en het belang van de irrigatie van het wortelkanaal. Een overzicht van de verschillende irrigatietechnieken wordt besproken.

De studies besproken in de hoofdstukken 2-7 hebben met behulp van het groeve/inkeping dentine model, de effectiviteit van verschillende irrigatieprotocollen in het verwijderen van dentine-debris uit het wortelkanaal geëvalueerd. In **Hoofdstuk 7**, worden handirrigatie, dynamische handirrigatie met een conische of niet conische gutta-perchastift, het Safety Irrigator systeem, ultrasone irrigatie en het EndoVac negatieve druk systeem getest op hun effectiviteit in het verwijderen van dentine-debris uit het wortelkanaal.

Om de fysische mechanismen van de ultrasone irrigatie beter te begrijpen met als doel de techniek te verbeteren, zijn verschillende parameters getest in een onderzoeksmodel in combinatie met het visualiseren van de vloeistof dynamische processen. In **Hoofdstuk 2,** zijn de effectiviteit van het verwijderen van dentine-debris tijdens de activatie van een irrigatievloeistof met behulp van een sonisch oscillerende tip (Endoactivator) en de fysische mechanismen van het proces geëvalueerd. De invloed van de oscillatierichting van een ultrasoon geactiveerde vijl (**Hoofdstuk 3**), het effect van gepulseerd ultrageluid (**Hoofdstuk 4**), het effect van de ultrasone intensiteit (**Hoofdstuk 5**) mede als het effect van de positie van de vijl en de kromming van het wortelkanaal (**Hoofdstuk 6**) op de effectiviteit van de ultrasoon geactiveerde irrigatie zijn onderzocht. De volgende conclusies konden worden getrokken:

- Akoestische stroming en cavitatie treden op tijdens activatie van een vloeistof met behulp van een ultrasoon oscillerende vijl.
- Akoestische stroming is het werkingsmechanisme van passieve ultrasone irrigatie (PUI) en de rol van cavitatie is nog niet helemaal duidelijk.
- PUI verwijdert het meest effectief dentine-debris uit ovale uitlopers in het apicale wortelkanaal in vergelijking met handirrigatie, sonisch geactiveerde irrigatie met de Endoactivator, dynamische handirrigatie en irrigatie in combinatie met een negatieve druk (EndoVac). De oscillatieamplitude van de sonisch aangedreven tips is 1.2 ± 0.1 mm, wat resulteert in veel contact met de kanaalwand en minder actieve stroming (geen cavitatie). De dynamische handirrigatie is meer effectief met een conische gutta-percha stift dan met een niet conische gutta-percha stift.
- Wanneer de ultrasoon oscillerende vijl in de richting van de schoon te maken groeve is gericht, is de irrigatie meer effectief. Dit kan verklaard worden door de vorming van vloeistofjets met een hoge snelheid in de richting van de groeve.
- PUI met een pulsatiepatroon van 400 millisecond aan//400 millisecond uit en een ‘duty cycle’ van 50%, verwijdert meer effectief dentine-debris uit een apicale ovale uitloper dan een continue ultrasone oscillatie. De ‘duty cycles’ van 13% en 88% verwijderden niet significant meer dentine-debris dan een continue oscillatie.
- Een hogere ultrasone intensiteit resulteert in een grotere amplitude van de oscillerende vijl en een groter reinigend effect.
- Voor het verwijderen van dentine-debris uit het wortelkanaal, lijken drie ultrasone activaties van 10 seconden in combinatie met verversing van de irrigatievloeistof voldoende.
- Een kromming in het wortelkanaal heeft geen effect op de akoestische stroming van de irrigatievloeistof.

Interactie tussen verschillende micro-organismen kunnen de totale biofilmformatie doen toenemen en de eigenschappen van de biofilm doen veranderen welke de resistentie tegen antimicrobiële middelen kunnen beinvloeden. In **Hoofdstuk 8**, is de biofilm formatie van acht verschillende soorten *Enterococcus faecalis* met of zonder *Streptococcus mutans* onderzocht. In **Hoofdstuk 9** is de invloed van *S. mutans* op de resistentie van *E. faecalis* tegen natriumhypochloriet (NaOCl) getetst met behulp van een ‘high throughput’ test. Op basis van deze onderzoeken kan hetvolgende geconcludeerd worden:

- Significant meer *E. faecalis* kolonies konden worden aangetoond in biofilms waarin de *E. faecalis* samen met de *S.Mutans* was gekweekt. Dit was echter afhankelijk van de soort. Dit geeft aan dat het evalueren van de antibacteriële effecten van medicamenten, het best in een multibacterieel biofilmmodel gedaan kan worden.

- De resistentie van biofilms met twee soorten micro-organismen voor NaOCl was 30 maal hoger dan voor *E. faecalis* biofilms met 1 soort micro-organisme.
- De 'high-throughput' resazurin test biedt veel mogelijkheden om relatief snel het effect van antibacteriele middelen te testen met 'mixed-species' biofilms.

Hoofdstuk 10 is een algemene discussie waar het 'groeve/ inkeping' model wordt geëvalueerd; verder wordt PUI geëvalueerd aan de hand van stroming, cavitatie, ultrasone activatie fasen, temperatuur veranderingen en geometrische invloeden van het wortelkanaal (kromming, dimensie en taper). Het volgende kan geconcludeerd worden:

- het 'groeve/inkeping' model kan gezien worden als een effectieve methode om de effectiviteit van verschillende irrigatiesystemen betreffende het verwijderen van dentine-debris uit het wortelkanaal te testen. Volumetrische analyse zou een waardevolle toevoeging kunnen zijn voor de evaluatie van de inkepingen.
- hoewel een hogere ultrasone intensiteit een meer effectieve akoestische stroming opwekt, kunnen de commercieel verkrijgbare vijlen makkelijk breken. Het is een uitdaging voor de industrie om nieuwe instrumenten te ontwikkelen.
- een techniek om de oscillatie-richting van de vijl te kunnen controleren zou de effectiviteit van de ultrasone irrigatie kunnen verhogen.
- wanneer de doorsnede van het wortelkanaal varieert tussen 0.35 en 0.60 mm, is er geen verschil in effectiviteit van PUI wanneer de 'intermittent flush technique' wordt toegepast.
- de 'rust fase' na en tussen twee ultrasone activatie fasen speelt een rol in de effectiviteit van PUI