

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ Скопје

Стоматолошки факултет

Катедра за болести на забите и ендодонтот



Д-р Исни Речепи

Прецизност на методите за одредување на
работната должина во ендодонцијата

- магистерски труд-

ментор

Проф.д-р Лидија Поповска

мај 2016



Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ Скопје
Стоматолошки факултет
Катедра за болести на забите и ендодонтот

Д-р Исни Рецепи

**Прецизност на методите за одредување на
работната должина во ендодонцијата**

- магистерски труд-

Рад. д-р Јана Рачникова
ментор

Проф.д-р Лидија Поповска

мај 2016



University „Ss. Cyril and Methodius“ – Skopje
Faculty of Dental Medicine

D-r Isni Redzepi

Accuracy of Different Methods of Working Length Determination in Endodontics

-Master's Thesis -

supervisor

Prof. d-r Lidija Popovska

may 2016

СОДРЖИНА

Апстракт.....	4
Вовед.....	10
Преглед од литературата.....	13
Цел.....	42
Материјал и метод.....	43
Резултати.....	51
Дискусија.....	66
Заклучоци.....	75
Литература.....	79

АПСТРАКТ**Прецизност на методите за одредување на
работната должина во ендодонцијата**

Вовед: Точно определената работна должина е од клучно значење за успехот на ендодонтската терапија. Чистењето, обликувањето и полнењето на коренските канали не може да биде завршено успешно ако не се прецизно одредени референтните точки кои ја означуваат работната должина. За да се направи одредувањето на работната должина постојат различни методи: одредување на апикалното стеснување со тактилно-сензорна метода, користење на периапикални рендгенски снимки или со електрични апекс локатори.

Цели: целта на испитувањето е да се споредат можностите и прецизноста на различните методи за одредување на работната должина во клинички и *in vitro* услови. Цел на клиничкото испитување беше да се спореди прецизноста на два метода: електронско и тактилно-сензорно одредување на работната должина кај моларните заби, да се одреди дали анатомските карактеристики на повеќекоренските заби влијаат врз одредувањето на работната должина и дали постои разлика при одредувањето на работната должина кај виталната и морталната екстирпација. Целите на од *in vitro* испитувањето беше да се спореди прецизноста при одредување на работната должина на три методи: рендгенолошката, електронската и тактилно-сензорната, како и да се пресмета растојанието меѓу пресметаната апикална референтна точка и апикалното стеснување, која е нашата целна точка.

Материјали и методи: Клиничко испитување: На Клиниката за болести на забите и ендодонтот при Универзитетскиот стоматолошки клинички центар беше направена ендодонтска терапија на бо витални први и втори молари поради иреверзибилно оштетување на пулпата. Пред започнување на терапијата беше направена ретроалвеоларна рендгенографска снимка снимка за секој заб вклучен во испитувањето. Пациентите беа поделени во две групи според методата која ја применивме за одредување на работната должина: I група: одредувањето на работната должина со тактилно-сензорниот метод, II група мерење со апекс локатор. Во секоја од групите имаше приближно еднаков број на пациенти каде се примени морталната или виталната екстирпација, што значи дека секоја група содржеше по две подгрупи.

По одредување на работната должина, во секој канал поставувавме ендодонтски проширувачи чиј врвот се совпаѓаше со точката која ја одредивме за апикална референтна точка. Забот заедно со поставените канални инструменти повторно го снимавме, а врз база на рендгенграфска снимка, со анализа на растојанието меѓу врвот на инструментот и бараната референтна апикална точка ги добивме резултатите на испитуваните одонтометриски методи. Добиените резултатити ги означувавме како: а) прецизни, доколку врвот на инструментот лежеше на бараната точка б) прифатливи кога растојанието изнесуваше најмногу до $\pm 0,5$ mm в) неприфатливи или клиничка грешка, доколку растојанието беше меѓу 0,6 и 1 mm и г) груба грешка доколку ова растојание беше поголемо од $\pm 1,1$ претставува целосен неуспех- доколку растојанието е поголемо од 1mm. Позитивните вредности ни означуваа дека врвот на инструментот ја надминал бараната точка, а негативните дека тој се наоѓа пониско во каналот и не ја достигнал бараната точка.

За потребите на ин витро испитувањето употребивме 30 прави еднокорени екстрактирани заби со целосно формиран корен. На секој заб направиме рендгенграфска снимка, која служеше како ориентација при одредување на работната должина. Начинот на пресметување и толкување на резултатите беше еднаков како и кај клиничкото испитување. Со цел да го анализираме соодносот на врвот на каналниот инструмент со апикалното стеснување, што беше и нашата барана референтна точка апикалната третина ја отваравме со постепено остранивање на дентинот од едната страна, слој по слој со дијамантски борер. Кога ќе останеше само тенок слој на прозирен дентин, тој го отстранувавме со скалпел (слика 7). Апикалниот дел од примероците го анализирајме под зголемување од 3 пати.

Резултати:

Постои статистички значајна разлика во однос на прецизноста помеѓу електронската и тактилно-сензорната метода. Степенот на успешно одредување на работната должина со iPex изнесуваше 79% со толеранција од ± 0.5 mm.; додека на тактилно-сензорната метода кај 24,8% .

iPex е апекс локатор кој дозволува точно, брзо и сигурно мерење на работната должина во ендодонтската терапија.

Прецизност во одредувањето на работната должина со толеранција од ± 0.5 mm со iPex на коренските канали кај максиларните молари изнесуваше 87,9%, и 71,9% кај мандибуларните молари. При тоа не се добија значајни разлики во однос на прецизноста на мерењата на максиларните и мандибуларните коренски канали со електронската метода;

ABSTRACT

Accuracy of Different Methods of Working Length Determination in Endodontics

Introduction: Obtaining a correct working length is critical to the success of endodontic therapy. The cleaning, shaping and obturation cannot be accomplished accurately unless the working length is determined precisely. Methods of WL estimation include detecting the apical constriction by tactile means, using a periapical radiograph or by means of an electronic apex locator.

Objectives: The purpose of the in vivo and in vitro research study was to compare the accuracy of various methods for determining the working length.

Objective of in vivo study was to compare the accuracy of two methods: electronic and tactile working length determination of the molars in both jaws; to determine whether the anatomical features of multi-rooted teeth affect the accuracy of the working length and is there any difference in determining the working length after vital or mortal pulpectomy on permanent human teeth.

The objectives of the in vitro test was to compare the accuracy in determining the working length of three methods: conventional radiological methods, electronic and tactile working length determination. The possible variation between the measured radiographic apex and apical constriction with various techniques of determining the working length should be compared and analyzed.

Materials and method: Clinical trial: At the Department of restorative dentistry and endodontics at the University Dental Clinic in Skopje, 60 vital first and second molars were endodontically treated due to irreversible pulp damage. Before treatment, a retroalveolar x-ray was made for each tooth included in the trial. The patients were randomized in two groups by the method used for determining the working length: I group: tactile working length determination, II group: using an apex locator. In both groups almost the same total number of patients was included, mortal or vital pulp pulpectomy was performed, which means the groups had two subsets each. After working length determination, endodontic K-files whose tips reach the point determined to be apical reference point were inserted in each root canal. Then an x-ray of the tooth together with the K-files was made again, and according the x-ray analysis of the distance between the K-file tip and the apical reference point, the results of the odontometrics

methods used were collected. The results were rated as: a) accurate, if the K-file tip matches with the apical reference point; b) acceptable, if the distance between each was $\pm 0,5$ mm at the most; c) unacceptable or a clinical mistake, if the distance was between 0,6 and 1 mm; and d) failure if the measured distance was more than $\pm 1,1$ mm. The positive values indicate the position of the K-file tip over the apical reference point, whereas the negative values indicate that the K-file is underestimate.

For the in vitro study, a total number of 30 straight, single-rooted extracted teeth with mature apices were used. An x-ray for each tooth was made and it was used to determine the working length. The calculation and interpretation of the results was the same as in the clinical trial. In order to analyze the match of the K-file tip with the apical narrowing, which was in the same time the apical reference point, the apical third of the root was opened step by step by removing the dentin in layers from one side, using diamond burs. After a thin layer of dentin was left, it was removed using a scalpel. The apical parts of the samples were analyzed using magnification (3x).

Results: There is a statistical significance in accuracy between electronic and tactile method. The success rate in working length determination using iPex was 79% with $\pm 0,5$ mm tolerance; whereas using the tactile method was 24,8%.

iPex is an apex locator providing an accurate, fast, and reliable working length determination during the endodontic treatment.

The accuracy in working length determination with $\pm 0,5$ mm tolerance using the iPex in the root canals of the maxillary molars was 87,9% and 71,9% in the mandibular molars. There was no significant difference in accuracy of the measurements of the maxillary and mandibular root canals made with electronic method.

Using the tactile method, an accurate working length measurement was made at 28% of the maxillary molars, and at 23% of the mandibular molars. Significant difference in precision measurements between the maxillary and mandibular root canals using the tactile method was not confirmed.

The results of the both odontometrics methods showed most accurate measurements in the straight root canals (the palatal and the distal root canal compared with the buccal maxillary molar root canals and the mesial mandibular root canals).

There is no significant difference in accuracy measurements between the teeth with the vital and mortal pulpectomy. Irrespective of the method of pulpectomy, the results were very similar.

The electronically determined working length did not significantly differ from the radiographic control working length determination, but the

difference between both electronic and radiographic method and the tactile method for working length determination was statistically significant. Among these three groups, the electronic apex locator determined the apical reference point most accurately.

Conclusion: Root canal working length determination using the apex locator is simple and faster method, instead of radiographic method, and moreover there is no unnecessary radiation exposure.

Key words: apical foramen, apical constriction, electronic apex locator, endodontic treatment, radiographic tooth length, working length determination, tactile method

Врето да се опише методите за одредување работната должина кои се користат во практиката. Техниките се поделени по методите кои се користат во ендодонтија, тајкуму пријателите се користат во стоматологија и по методите кои се користат во стоматологија, тајкуму пријателите се користат во ендодонтија.

Бератија покажала дека методите за одредување работната должина при ендодонтија се: методот на бубар, метод на дифракција, метод на рентген, метод на радиографија, метод на радиолокација, метод на индуктивна спроведба и метод на електронски апекс локатор (Electronic apex locator).

Методите коишто се користат во стоматологија, вклучувајќи ги методите за одредување работната должина, се користат и во ендодонтија. Најчестите методи кои се користат во стоматологија, кои се користат и во ендодонтија, се: метод на бубар, метод на дифракција, метод на радиографија, метод на радиолокација, метод на индуктивна спроведба. Според Блек и Сандланд (Black & Sandland), методите кои се користат во стоматологија и во ендодонтија се: метод на бубар, метод на дифракција, метод на радиографија и метод на радиолокација. Според тие методите коишто се користат во стоматологија и во ендодонтија се: метод на бубар, метод на дифракција, метод на радиографија и метод на радиолокација. Според тие методите коишто се користат во стоматологија и во ендодонтија се: метод на бубар, метод на дифракција, метод на радиографија и метод на радиолокација.

ВОВЕД

Ендодонтската терапија претставува збир на неколку незвисни фази во работата, на кои мора да се посвети доволно внимание, бидејќи пропустот во било која од нив ќе влијае негативно на следните фази. Во фазата на обликување и чистење од коренскиот канал треба да се отстранат сите пулпини остатоци, дебрис, метаболити и други несакани иританси по целата негова должина. Тоа значи дека е многу важно точно да се одреди должината на коренскиот канал од неколку причини: тоа ќе ни ја одреди апикалната граница до каде треба да се навлезе со каналните инструменти, ќе ги избегнеме болката или непријатноста по инструментацијата кај пациентот, па исто така влијаеме директно на успехот на ендодонтската терапија.

Бараната должина до каде треба да се обработи коренскиот канал при ендодонтската терапија се нарекува работна должина, а се дефинира како растојание меѓу коронарната референтна точка и точката каде треба да заврши инструментацијата и оптурацијата при ендодонтскиот третман (Glossary of endodontic terms) ¹.

Меѓутоа главен проблем во ендодонцијата секогаш било пронаоѓањето и идентификацијата на вистинската биолошка должина на коренскиот систем. Во клиничката пракса како најисправно одредено место кое би го сметале за апикална граница е најтесниот дијаметар на коренскиот канал. Уште во 1955 година Kuttler покажал дека најтесниот дијаметар не се наоѓа на излезот на каналот (анатомскиот апикален отвор), туку на спојот меѓу дентинот и цементот. Ова го нарекол „физиолошкиот апикален отвор“. Според Ricucci и Langeland ², апикалното стеснување или физиолошкиот апикален отвор е најтесниот дел од коренскиот канал во кој крвните садови имаат најмал дијаметар, па според тоа на ова место има најмало крвавење, се создава најмало општетување, а со тоа се овозможуваат најдобри услови за заздравување. Меѓутоа цементно-дентинскиот спој не се совпаѓа секогаш со најголемото апикално стеснување во коренскиот канал, особено кај

повозрасните пациенти, каде поради калцификациите се менува позицијата на најмалиот дијаметар. Растројанието меѓу анатомскиот врв на коренот и физиолошкиот апикален отвор е многу варијабилно и изнесува од 0,5 до 3 mm. Сепак во современата ендодонција е прифатено дека инструментацијата и оптурацијата на коренскиот канал треба да завршат 0,5-1 mm под анатомскиот апикален отвор³. Исто така, иако порано според доктринарниот став за ендодонтската терапија обработката на каналот кај авитални инфицирани заби требаше да се направи до анатомскиот апикален отвор, денес е општо прифатено дека без разлика дали забот е витален или авитален, обработката на коренскиот канал треба да заврши на физиолошкиот апикален отвор или апикалното стеснување.

Со точно определената работна должина се избегнува прекусата инструментација, при што се остава инфективен материјал во апикалниот дел од каналот, или превисоката инструментација, со која доаѓа до оштетување на периапикалното ткиво, предизвикување на болка кај пациентот и префрлање на иританси во периапикалното ткиво⁴.

За да се одреди работната должина на коренските канали во ендодонцијата постојат различни методи: одредување според просечна должина на коренските канали, тактилно-сензорната метода, рендгенолошката (класичните и дигиталните) и електронските методи.

Кај тактилно-сензитивниот метод стоматологот се базира на своето искуство да го почувствува стеснувањето на коренскиот канал со тенок инструмент пред да започне со обработката. Вообичаено е да се направи рендгенографија на забот пред интервенцијата. Доколку тактилната сензација покажува исто растројание како она што се гледа на рендгенографијата, не е потребно дополнително потврдување на работната должина.

Радиографската метода е најпопуларниот начин на одредување на работната должина на коренскиот канал и има многу предности: добар увид во анатомијата на коренско-каналниот систем, бројот и закривеноста на каналите. Но, исто така има и бројни ограничувања: рендгенограмот не го покажува физиолошкото стеснување, има големи

разлики во однос на радиографската техника, ангулацијата и експозицијата при снимањето, што лесно доведува до лекарска грешка⁵. Исто така треба да се води сметка и за опасноста од изложување на штетното влијание на рентген зраците, како на пациентот, така и на стоматолошкиот персонал.

Напредокот во техниката доведе до воведување и на дигиталната рендгернографија во ендодонцијата. Применетиот систем за дигитална рендгенографија, наречен Radiovisiography користи интраорален сензор наместо рендген филм. Со овој систем се редуцира радиационата доза, но исто така и времетрањето на ендодонтските постапки, бидејќи нема потреба за развивање на филмот. Поволно е исто така, што со функцијата за зумирање се зголемуваат и можностите за подобри дијагностички наоди, особено во апикалната зона⁶.

Сепак за наголем напредок кој се применува во ендодонтската терапија се смета дека е иновирањето на електронските апарати кои можат да го лоцираат завршетокот на коренскиот канал. Иако прв пат Custer го претставил прикажан електронскиот апарат за мерење на работната должина уште во 1918-та година, дури во 1962 година Sunada⁷ на истите принципи конструирал едноставен апарат кој можел да се искористи за директно мерење на работната должина. Од тогаш постоано се иновираат нови модели на електронските апекс локатори, со сè поголема прецизност. За предности на електронските апекс локатори се сметаат запштедата на време и намалување на радиационата доза, која постои при користење на радиографскиот метод. Проблем кај оваа метода е тоа што апекс локаторите не смеат да се користат кај одредени состојби или пациенти: кај заби со перфорации (фос рут), фрактурирани заби или заби со ресорпција на коренот, кај заби со недовршен раст на корен, кај пациенти кои носат племејкери. Olson⁸ укажува дека доколку постои оток или хеморагија, исчитувањето на резултатот не е сигурно.

Според податоците во литературата, не постои усогласеност во мислењето која метода за одредување е надобра, па може да се каже дека колку има стоматолози, толку има и начини за одредување на работната должина.

ПРЕГЛЕД ОД ЛИТЕРАТУРА

Ендодонтската терапија на забите претставува сложена терапевтска постапка. Посебно значење има постапката со која прецизно се одредуваат границите до каде ќе се врши механичко-медикаментозната обработка на коренскиот канал и неговата дефинитивна оптурација.

Погрешно одредената работна должина, без разлика дали ќе биде предолга или прекуса, го компромитира успехот уште од самиот почеток на работата. Навлегување со каналните инструменти преку работната должина доведува до механичко, микробиолошко и медикаментозно оштетување на периапикалното ткиво, па дури и до повреда на околните анатомски структури, како што се максиларниот синус, мандибуларниот канал, подот на носната празнина и сл. Недоволната канална инструментација води до перзистирање на инфекцијата во коренскиот канал, што пак доведува до нејзино ширење во апикалниот парадонт. Поради тоа без правилна одонтометрија како почетен, составен и задолжителен дел од ендодонската работа, терапијата ќе биде неприфатлива и погрешна.

Одонтометрија значи да се одреди работната должина на коренскиот канал до каде ќе се врши негова обработка и пополнување. Работната должина е должина ограничена со две точки: референтна точка во делот на коронката и референтната точка до ниво на апексот на коренот. Референтна точка во делот на коронката е најчесто инцизалниот раб на антериорните и оклузалната површина на постериорните заби. Оваа точка мора да биде стабилна и непроменлива, па поради тоа пред таа да се одреди потребно е да се отстранат старите нестабилни реставрации, кариесот и да се скратат сите подминирани делови каде има ризик од нивно кршење^{9, 10}.

Но прашање е која е апикалната граница, односно апикалната точка до каде коренскиот канал треба да се обработи и пополнит. Во завршниот дел од забот може да се разликуваат четири различни точки

кои би можеле да ги сметаме за референтни: апикалното стеснување (АС), апикалниот форамен (АФ), апексот на забот (АЗ) (анатомски и рендген-графски) и цементно-дентинската граница (Ц-ДГ)¹¹. АФ е главниот апикален отвор на надворешната површина од коренот, кој се идентификува морфолошки, додека АС е дел од коренскиот канал кој има најмал диаметар. За разлика од АФ кој не секогаш може да се забелжи на рендгенграфиите, забниот апекс е лесно видлив¹². Ц-ДГ е линија на која се спојуваат дентинот и цементот и место каде завршува пулпното ткиво, а започнува периодонциумот.

Според литературните податоци, постои голема недоумица која точка од нив треба да претставува апикалната референтна точка.

Цементно-дентинската граница (Ц-ДГ) е потенцијално најприродната бариера меѓу содржината на каналот и апикалното ткиво. Според Palmer¹³ Ц-ДГ е идеалната точка каде би требало да заврши обработката на каналот. Доколку коренскиот канал се наполни токму до таа точка би се превенирало навлегувањето на бактериите во периапикалното ткиво, но и би се спречило навлагувањето на ткивните течности во потенцијалните празнини во каналот. Но, за жал, оваа точка може точно да се одреди само хистолошки, но не и клинички^{2,14,15}. Точката е варијабилна: може да недостасува, но и да биде на различни висини на различните страни од каналот. Во своето микроскопско испитување Кутлер¹⁶ не ја детектираше кај 37 од 268 испитани заби, додека кај останатите била на исто ниво кај само 53% од забите на млади пациенти и 60% кај постарите. Според Ponce¹⁴ хоризонталната поставеност на оваа граница била потврдена само кај 5% од испитаните заби. Хистолошкото испитување на 122 мандибуларни премолари покажало дека оваа граница не се наоѓала на исто ниво кај ниту еден заб¹⁷. Локализацијата на Ц-ДГ е вариабилна и прикажано е дека растојанието меѓу неа и апикалниот отвор изнесува 0,3- 0,8мм¹⁵. Овие податоци укажуваат дека цементно-дентинската граница не може да се смета за абсолютно веродостојна апикална референтна точка, иако се смета дека доколку овде доде до пресекување на пулпата, зараснувањето би било најоптимално.

Наголем број од авторите го посочуваат апикалното стеснување (AC) за најсоодветна референтна точка во апикалниот дел од каналот. Со апикалното стеснување го означуваме делот од каналот каде е тој најтесен. Доколку инструментацијата заврши на тоа ниво, ќе настане и најмало оштетување на ткивата, па според тоа и ќе биде потребна минимално заздравување^{2,3}. И според препораките на Европското здружение на ендодонтите, одредената апикална точка треба да биде што е можно поблиску до апикалното стеснување, бидејќи инкастиот облик на каналот апикално од стеснувањето е тешко да се исчисти и наполни адекватно. Според наодите на Ricucci¹⁸ најповолно хистолошко заздравување во периапикалното ткиво се постигнува кога полнењето е на стеснувањето. Sjögren и сор.¹⁹ заклучуваат дека се постигнува одлична хистолошка репарација на апикалното ткиво кај 90% од забите со инфицирана пулпа, кога обработката и полнењето завршуваат на оваа точка. Меѓутоа точното клиничкото одредување на апикалното стеснување исто така може да биде проблематично, зошто можноста е повеќе теоретска, отколку практична. Повеќе испитувања докажуваат дека единечно апикално стеснување се среќава кај помалку од половина од забите, особено при постоење на ресорција на коренот или периапикална хронична лезија^{20,21}. Исто така, континуираното депонирање на цементот го менува односот меѓу него и радиографскиот отвор. Според препораката на Kuttler¹⁶ сите ендодонтски процедури треба да завршат на 0,5mm под главниот апикален отвор, бидејќи според мерењата таму се наоѓа апикалното стеснување. Местоположбата на апикалното стеснување може да варира, па разстојанието до апикалниот отвор да изнесува меѓу 0,5 и 1,5mm²². Тоа значи дека и прифаќањето на апикалното стеснување за апикална референтна точка има свои ограничувања²³. Вообичаено е мислењето дека најчесто се наоѓа 1mm под главниот апикален отвор, но според испитувањето на Vieyra JP сор.²⁴ кој го мерел совпаѓањето на апикалното стеснување со утврдената позиција од 1mm под рендгенолошкиот апекс, совпаѓање постоело само кај 22% од предните заби, 35% кај премоларите и 11% кај моларите. Според тоа нереална е претпоставката дека со одредено поместување на инструментот коронарно од апикалниот отвор ќе се

добие точно одредување на апикалното стеснување ^{3, 22}. За неговото поточно одредување Ricucci ^{3,18} упатува на добро познавање на анатомијата на забите, внимателна интерпретација на рендгенграфиите, потпирање и на тактилна сензација и внимавање да евентуално крвавење предизвикано од врвот на каналниот инструмент.

Некои автори препорачуваат како апикална референта точка во стоматологијата да биде главниот апикален отвор, особено ако коренскиот канал содржи инфицирана содржина или кај акутните периапикални инфекции кога треба да се постигне трансканална дренажа. Апикалниот отвор е реална апикална карактеристика²⁵ и доколку обработката на каналот се одвива токму до излезот од каналот, тоа значи дека целата постапка се одвива внатре во каналот без разлика каде се наоѓа апикалното стеснување²⁶. Во таквите случаи не постојат остатоци од инфицирано ткиво, а репарацијата на апексот имаат улога фибробластите од пародонциумот и фибробластите од малдите гранулационо ткиво. Тие се диференцираат во одонтобласти и цементобласти, кои понатаму ги заменуваат загубените ткива ^{9,10}. Но и оваа референтна точка не е можно секогаш точно да се определи клинички, особено што периапикалните рендгенографски снимки не ги регистрираат поместувањата кои се вестибуларен или оралнен правец, а апикалниот форамен се поклопува со рендгенографскиот апекс само кај 17% до 46% од случаите^{14, 26, 27}. Според тоа дури ни апикалниот форамен не е референтна точка која може точно да се определи во 100% од случаите

Референтна точка да биде радиографскиот апекс е најмалку исправно решение, иако се смета дека на тој начин би се исчистиле и сите апикални рамификацији. Според Ricucci ¹⁸ тоа е невозможно, зошто не постои начин да се исчистат латералните канали. Но сепак најголем проблем е фактот што апикалниот отвор не одговара на апексот на забот (кај 50–98% од корените е на растојание и до 3mm ¹³ и дека позицијата на апикалниот отвор се менува со возрастта и според типот на забот. Растојанието е поголемо кај постериорните заби и кај повозрасните групи. Simon ¹¹ сугерира инструментација до радиографскиот апекс, а потоа формирање на апикален стоп за

полнењето. Но доколку инструментацијата се направи до оваа точка, кај 50% од забите врвот на инструментот проминира во периапикалното ткиво¹⁵.

Тоа значи дека ниту една од референтните точки не секогаш ги задоволува барањата. Поради тоа Siqueira²⁸ препорачува дека за да се донесе правилна одлука при одредување на апикалното протегање на инструментацијата, потребно е да се земе во обзир и состојбата на пулпата и периапикалното ткиво пред да се започне со терапијата.

Најдобри резултати во исходот на ендодонтската терапија се постигнуваат доколку при биопулпектомија се остави мал дел од патолошки неизменета пулпа во апикалниот дел, меѓу апикалното стеснување и апикалниот отвор. Ова витално ткиво е неопходно за затворање на апикалниот отвор со новосоздаден дентин по завршување на ендодонтската терапија²⁶. Причина за овој поволен исход е богатата циркулација на ова ткиво, кое има и одлични реапараторни особини. Фибробластите пролиферираат и со метаплазија се претвораат во цементобласти, кои создаваат цементен мост, по што сосема го прекриваат отворот за комуникација меѓу внатрешноста на каналот и периапикалното ткиво²⁹. Но понекогаш не може да видеме сигурни дали преостанатото пулпно ткиво е витално. Добиените резултати потврдуваат²⁸ покажуваат дека сочуваните пулпни клетки не се неопходни за сочувување на интегритетот на апикалното ткиво. *In vivo* патохистолошките испитувања укажуваат дека препарацијата и оптурацијата кај виталната пулпа не треба да го поминат апикалното стеснување², а протурканата гутаперка и цемент преку апексот секогаш предизвикуваат воспалителна реакција и покрај отсуство на болка.

Доколку пак пулпата е гангренозна и постои инфекција во коренскиот канал, треба да се обрне внимание да се постигне целосна дезинфекција, особено на апикалните 3mm¹¹. Микроорганизмите од апикалниот дел имаат лесен пристап до периапикалното ткиво. Бактериите сместени во апикалната рамификација тешко се уништуваат само со инструментацијата без интерсесансно медикаментозно полнење³⁰. Во овој случај оставањето на дел од содржината во

коренскиот канал ќе доведе до брзо размножување на преостанатите бактерии и нова реинфекција на апикалното ткиво.

Посебен проблем претставува одредување на работната должина доколку постои ресорција на коренот. Поради тоа, според правилото на Wein за скратување (Weine's subtraction rule) се препорачува апикалната точка од работната должина да биде поставена покусо во однос на радиографскиот апекс и тоа 1.5 mm доколку ресорцијата е само во коската, а 2 mm покусо од апексот ако постои ресорција и на коската и на коренот на забот¹². Сепак и ова правило не може да биде применето на сите индивидуални случаи, бидејќи постои голема варијабилност меѓу апикалното стеснување и анатмскиот апекс³¹. Поради ова ова често користено „правило“ не е ниту предвидливо, ниту сигурно.

Но, без разлика дали терапевтот ќе одлучи да го обработи каналот до физиолошкото стеснување или до апикалниот отвор, тој/таа треба да се придржува до границата која ја одbral како референтна точка.

Ендодонтската терапија сеуште се смета за комплицирана³². Испитувањата покажуваат дека повеќе од 50% од забите не се правилно третирани и дека приближно 30-50% од каналите кои се третирани покажуваат знаци на апикален пародонтитис³³.

Во случај на превисока инструментација, пред се доаѓа до нелагодност или болка по завршување на посетата кај стоматологот, што е резултат на акутен инфламаторен одговор предизвикан со механичката повреда. Јачината на болката е пропорционална на јачината на инфламацијата, што пак укажува на степенот на оштетување на ткивото³⁴. Доколку каналот бил инфициран реакцијата е уште поголема поради протуркување на бактериите, инфицираниот дебрис и делови од цементот преку апексот. Кај забите кои се превиоко обработени многу е почеста појавата на апикален пародонтитис при долгочните контроли и следења¹⁹. При прекуса инструментација апикалниот дел од каналот останува недоволно исчистен, што е посебно важно кај инфициран канал. Многу често при прекуса инструментација соаѓа и до акумулација на инфициран дебрис апикално²⁸.

Многу испитувања се направени за да се утврди кое е всушност точката каде треба да завршат сите манипулации во каналот. Најголемиот дел од нив потенцираат дека таа точка се наоѓа на 2-3 mm пониско од радиографскиот апекс. Оваа раздалеченост дава најдобар исход на терапијата.^{19, 26, 35}. Но, од друга страна може да се најде и податокот дека висината на полнењето нема посебно влијание на апикалниот статус на инфицираниот канал³³; Дури и кога каналите се преполнети настанува заздравување во периапикалното ткиво, иако тоа е донекаде забавено³⁶.

Но иако правилното одредување на апикалната референтна точка е главен предмет за дебата со деченији, точното место на завршната точка во ендодонтската трерапија е сеуште контроверзна тема³⁶.

Според направените статистички испитувања меѓу стоматолозите за нивното мислење која референтна точка ја сметаат за најправилна добиени се следните податоци: 78,2% од испитаниците сметаат дека тоа е точката која е меѓу 0,5- 1mm пониско од радиографскиот апекс, 11.9% посочуваат растојание од 1,1-2mm, а 7,9 дека апикалниот лимит е радиографскиот апекс; дел од нив сметаат дека инструментацијата и полнењето треба да завршат на истата точка, но поголемиот дел дека обработката треба да е 0,5mm покуса од апексот, но оптурацијата да е на 1mm. Во испитувањата на Slauts³⁸ 38.9% одговориле дека најправилна точка е 1mm покусо од апексот, но тоа е веројатно под влијание на белгиското здравствено осигурување кое наложува да се направи снимка на која полнењето треба да завршува најмалку 1mm под апексот пред враќање на вложените сртства. Уште едно испитување во Белгија од Hommes и сор³⁹ укажува на истиот податок, а тоа е дека 44,3% сметаат дека тоа е 1mm покусо од апексот, 19.9% - 0.5 mm покусо, 16.9% дека треба да биде на ниво на радиографскиот апекс, 3.9% дека треба да завршува 2-3 mm покусо и само 1.6% од испитаниците обработката ја прават 0,5mm преку радиографскиот апекс.

Можеби овие разлики во мислењето се јавуваат под влијание на различните наставни програми на универзитетите. Веќе е општо прифатено дека при ендодонтскиот третман треба да се дезинфекцира и

наполни целиот систем на коренски канали за да се спречи понатамошна инфекција и инфламација на периапикалното ткиво. Но како правилно да се сфати поимот „целиот систем на коренски канали“. За едните преполнувањето (екструзија) на материјалот преку врвот на каналот претставува потенцијален иританс и може да биде еден од причините за неуспехот на терапијата, додека сосема спротивно, за другите тоа е посакувана цел, бидејќи е потврда дека постои проодност во пределот на врвот на коренот и дека навистина целиот инфициран материјал од каналот е осстранет. Овие два става се познати како скандинавски и северноамерикански концепт во ендодонтската терапија.

Според скандинавскиот концепт препарацијата треба да заврши покусо од радиографскиот апекс за еден до два милиметри. При инструментацијата на каналот треба да се формира апикално орманче, чиј дијаметар треба да биде со промер кои одговара на инструментите со големина меѓу #0,35 до # 0,80. По ваквата препарација, многу полесно може да се внесе сретствот за иригација во каналот кое ќе го дезинфекцира и измие делот кој не е обработен. Доколку каналот бил инфициран, се поставува интерсеансен медикамент (најдобро калциум хидроксид со висок pH кој ќе го надополни ефектот на иригантот. Овој концепт се смета дека има биолошки пристап, иако има и свои недостатоци, како на пример: губење на оригиналниот облик на каналот поради големината на инструментите, можност за поава на стапалка во каналот, но и за заостанување на инфициран материјал во последните неколку милиметри апикално во каналот.

Според севрно-америчкиот концепт, обработката треба да се направи до радиографскиот апекс, бидејќи тој е веродостојна точка која може да ја одреди терапевтот, а и полнењето мора да ја достигне таа точка. Деталните хистолошки испитувања покажуваат дека доколку полнењето се направи да ја достигне таа точка, секогаш доаѓа до известно претекување на материјалот за полнење преку апексот (познат и како „apical puff“. Но токму тоа лесно преполнување е всушност основата на овој концепт, каде целата препарација треба да биде во форма на конус, а апексот да остане колку што е можно помал (#0,20-

0,25). Недостатоци на овој концепт е дека при преполнувањето многу повеќе се потенцира проблемот со биотоксичноста и иритацијата на ткивото од материјалите за оптурација, но можеби поголем проблем е тоа што кога има преполнување, секако претходела и превисока инструментација, а со тоа апикалниот отвор е непотребно проширен.

Овие два сосема различни ставови носат и до различен пристап кон ендодонтската терапија. Приврзаниците и на двета става прикажуваат висока стапка на успешност. Се разбира постои можност и за комбинација на двета пристапа: коничен облик на препарација, сочувување на мал апекс, но и инструментација која завршува под радиографскиот апекс. Вака ќе биде сочуван биолошкиот принцип, без непотребно одземање на здрава забна структура и проблем со транспортирација на каналот. Се разбира и на овој начин може да се поткрадат грешки во смисла на навистина прекратка или недоволна препарација во широта. Сé уште се потребни испитувања на подолг период да се утврди кој од овие два става е подобар. од овие ставови е поисправна.

Фактори може да влиаат врз одредувањето на работната должина?

На одредувањето на работната должина без разлика која метода ќе ја одбереме зависат и повеќе фактори и тоа:

- тип на забот (инцизив, канин, премолар или молар).
- калцификација на коренскиот канал
- закривеност и повиеност на корените
- возрастта на пациентот
- дали станува збор за витален или авитален заб.

Shivamurthy и спор. сметаат дека кај моларите е потешко да се одреди работната должина само според рендгенографската снимка, бидејќи кај 85% од максиларните први молари и 71% од вторите молари имаат закривување на коренот во букален правец⁴⁰. Покажано е дека кај 78 to 93% од постериорните заби апикалниот отвор е поместен латерално, што е многу почесто отколку кај антериорните заби, каде

радиографската снимка дава поверодостојни резултати⁴¹. Исто така според испитувањето на ElAyouti и соп.⁴² превисоката инструментација е многу почеста кај постериорните заби, доколку ориентацијата е само рендгенот.

Разликата меѓу вистинската и рендгенграфската должина расте со зголемување на аголот на закривување⁴³. Ова го потврдува и наодот на ин витро испитувањето на Lu Tang и соп.⁴⁴, кои ја степенуваат закривеноста, па кај правите канали точно определување постигнале во 93%, кај средно кривите 79% и кај многу закривените во 76% од случаите. Ова е особено изразено доколку закривувањето е повисоко, коронарно поставено.

Калцифицираноста на каналите можеби е најважниот фактор кој доведува до погрешно одредување на работната должина. Lu Tang и соп.⁴⁴ калцификацијата ја класифицираат во три групи, а според испитувањето калцификацијата од 3 степен (целосно облитериран канал) дозволува точно одредување во само 10% од случаите за разлика од некалцифицираните каде точноста е во со 94%, а кај забите со пулполити 71% .

Анатомијата на апикалниот отвор се менува со стареењето. Kuttler¹⁶ уште во 1955 година утврдил дека растојанието меѓу апексот на забот и апикалниот отвор изнесува 0.48 mm кај младите заби, а 0.6 mm кај старите заби.

Dunlap и соп.⁴⁵ ја мереле работната должина со кај 39 пациенти со витални или авитални пулпи кои биле индицирани за екстракција. Иако попрецизно одредена била должината кај виталните заби (просечно 0.21 mm кај виталните, наспроти 0.49 mm кај авиталните заби) разликата била несигнификантна.

Методи за одредување на работната должина во ендодонцијата

Освен дебатата за најпогодната референтна точка при одредување на работната должина, друга дилема е - кој е начинот за да се постигне добра одонтометрија. Во литературата може да се сртнат голем број испитувања кои се стремат да докажат која од постоечките методи е

најсигурна или напрецизна во одредувањето на работната должина во ендодонцијата. За жал досега не постои податоци кои би ја потврдиле предноста на одредена метода над останатите.

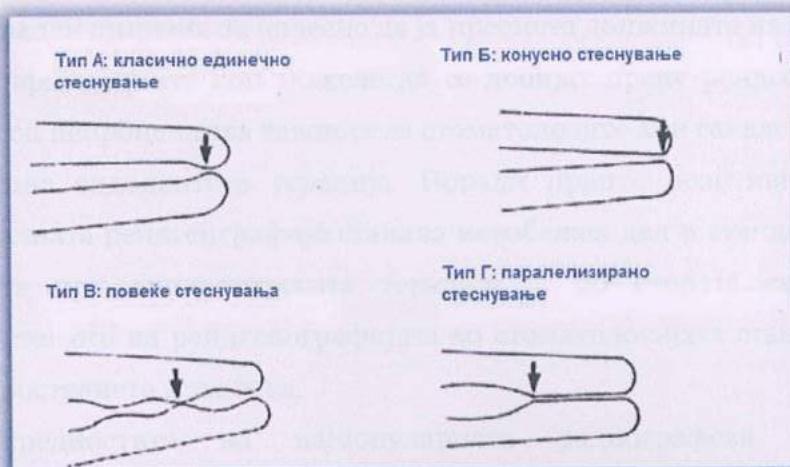
Најстар начин на одредување на работната должина во минатото била болката која ја искачувал пациентот. Но тоа секако носи до големи грешки- доколку имало витално ткиво во каналот, одредената должина била куси и обратно, при некротична пулпа и присуство на периапикална лезија чувството отсуствувајуло, што водело до превисока инструментација.

Тактилно-сензорна метода

Тактилно-сензорната метода претставува начин за утврдување на работната должина, каде терапевтот се стреми да го „почувствува“ преку каналниот инструмент местото на апикалното стеснување. Во времето кога се развивала ендодонцијата претставувала и единствен можен начин за одонтометрија. Тактилно-сензорната метода се смета за една од најнесигурните методи за одредување на работната должина, но заради својата едноставност, многу терапевти ја користат и денес. Резултатите добиени во испитувањето на Shanmugraj и спр.⁴⁶ укажуваат на тоа дека користењето на тактилно-сензорната метода без дополнување со рендгенографска снимка е несигурно, бидејќи методата покажала точност само во 33,3% од случаите, што сепак е одредено и од искуството на терапевтот. Одредувањето е отежнато и несигурно и кај заби со незавршен раст на корен или ресорпција (физиолошка или патолошка), заби со изразени криви канали и калцификации во пулпата. Во литературата може да се сретнат и сосема поинакви резултати. Според испитувањето на Gordon⁴⁷ прецизноста на одредување на работната должина кај искусните стоматолози се искачува и до 70-80% од случаите. Во испитувањето на Dohaithem и спр.⁴⁸ направено во рурална средина (Гамбија) во 2014 година, при споредба на тактилната и рендгенолошката метода за одредување на работната должина се покажува дека нема сигнификантна разлика меѓу овие две применети методи, ниту на контролните снимки веднаш по

терапијата, ниту според исходот на ендодонтската терапија на контролата направена по две години.

Но зошто тактилно-сензорната метода не дава секогаш точни резултати? Понекогаш се случува иницијалниот канален инструмент кој се користи за детекција на најмалиот дијаметар да се допре до одредена направилност на каналот, или само до едната страна на каналот, што е особено случај кај каналите што немаат правилен кружен дијаметар. Според едно испитување на Wu⁴⁹, при одредувањето на најголемото стеснување, многу е важна и големината на каналниот инструмент со кој најпрво се навлегува во каналот. Доколку инструментот е многу тенок, дури кај 75% од испитаните случаи ќе воспостави контакт само со едната страна од коренскиот канал, а кај 25% воопшто не може да се одреди стеснувањето во каналот. Многу често различните неправилности во каналот го попречуваат изведувањето на оваа метода⁵⁰.



Слика 1. Класификација на апикалното стеснување според Dummer et al. (1984)

И покрај тоа што тактилно-сензорната метода не се препорачува, правени се обиди да се подобри нејзината точност. Paliwal и спр. ⁵¹ докажуваат дека чувството да се детектира апикалното стеснување може да се подобри доколку се употреби тенок канален инструмент кој е свиткан под одреден агол на самиот врв, особено кај коренските канали со поширок дијаметар.

Авторите на повеќе испитувања препорачуваат дека многу поточно мерење на должината се постигнува доколку се прошират коронарната и апикалната третина од коренскиот канал пред да се одреди апикалното стеснување⁵². Ова првично проширување на каналите им дава на ендодонтите подобро чувство за деталите во каналот во апикалниот дел.

Рендгенолошко одредување на работната должина

Најважното открытие за современата медицина се случила во 1895 година со откривањето на х- зраците од Вилхем Рендген во Германија. Набргу радиографијата навлегла и во стоматологијата, па првиот рендген апарат е произведен во 1913 година. Morton бил прв кој ја прикажал пулпната комора на рендген снимка. Првиот експеримент со радиографското одредување на работната должина било направено од Edmund Kells во 1899, кој поставил жица во пулпата на централен инцизив за полесно да ја пресмета должината на каналот⁵³.

Информациите кои можеле да се добијат преку рендгенографиите биле од непроценлива важност за стоматолозите кои сакале да направат успешна ендодонтска терапија. Поради првите позитивни искуства, денталната рендгенографија станала неизбежен дел и стандард за добра работа при ендодонтската терапија, а по втората светска војна користењето на рендгенографијата во стоматологијата станала широко распространета практика.

Предностите на најпопуларната радиографска метода во одредувањето на работната должина се директниот визуелен приказ на анатомијата на коренскиот канален систем, бројот и закривеноста на корените, заболување на апикалниот пародонт или парадикуларно, а исто така служи и за прелиминарно одредување на работната должина. Но, во исто време рендгенографската метода има и свои недостатоци, поради што не е применлива во секоја пригода: на пр. анатомските варијации во апикалниот дел, апикален отвор кој е асиметрично поставен или препокривање од анатомски структури⁴². Другиот тип на проблеми се од техничка природа и можат да потекнуваат од сензитивноста на техниката, субјективноста на терапевтот, опасноста од

јонизирачко зрачење, но и најголемиот проблем дека тридимензионалниот (3D) објект е претставен во две димензии (2D).

За радиографското одредување на работната должина постојат методи популаризирани од многу автори, кои најчесто се познати по нивните имиња.

- Напозната и најчесто употребувана и денес е методата по Ingle^{54, 55} која е иновирана во 1957 година. Според оваа метода се прават две снимки, дијагностичка и снимка со поставен инструмент во коренскиот канал. Се калкулира разликата меѓу врвот на каналниот инструмент и радиографскиот апекс, инструментот се поставува во бараната позиција, по што се повелкува во каналот за 2-3 mm за да се компензира дисторзијата на филмот.

Останатите методи се следните:

- Метода според Best, метода од 60-те години на 20 век, која покажувала успех во 95%. Тој е единствениот што не ја мери должината на коренот интраканално. Поставувал 10 mm челична жица на лабијалната површина од забот пред да направи снимка според која ја пресметувал должината;

- методата по Bramante (1974) – при одредувањето се употребуваат ендодонтски сонди со различен калибар и должина;

- Grossman- овиот метод е сличен на методот на Ингле. Потребно е да се направи прави иницијална снимка, се поставува инструмент до претпоставената референтна точка и повторно се прави снимка. Формулата со која се пресметува вистинската работна должина е пресметување според двојна пропорција на следниот начин:

Вистинската дол. на канал = дол. на канал на ртг

Реална дол. на инструмент дол. на канал на инстр. На ртг

По пресметувањето, како фактор на сигурност одземал уште 0,5mm.

- Методата по Кутлер – се разликува од претходните според тоа што тој освен должината, ја одредува и ширината на каналот на иницијалната рендгенографска снимка , сопред која ја избира турпијата со која ќе ја одредува должината (#10-15 за тесни канали, за средни #20-

25, за широки #35-30, но и поголеми кај најшироките канали. Прави повторна снимка со инструментот внатре и доколку врвот на инструментот допира до посакуваната точка н(апикалниот фоамен) го повлекува назад во зависност од возраста на пациентот: 0,5mm кај пациенти под 35 години, а 0,6 mm кај постарите. Прилично точна метода, но потребна е рендгенографија со висок квалитет.

- Брегман прикажал едноставна математичка формула со која се пресметува должината. Каналниот инструмент го поставува до позната должина во каналот, по што прави снимка. Потоа ги мери должината на инструментот и должината на коренот на снимката. Кога ќе ги спореди вистинската и снимената должина на инструментот, се пресметува пропорцијата со ртг должината на забот и према тоа се пресметува вистинската должина.

Сите овие методи се базираат на поставеноста на врвот на каналниот инструмент во однос на апексот на забот или апикалното стеснување. Но дали тие точки се секогаш реални на ртг снимките. Повеќе автори ја испитувале точноста на поставеноста на врвот од инструментот со апикалниот отвор и дошле до заклучок дека без разлика што инструментот на снимката изгледал идеално поставен, всушност кај 19-28.5% од случаите го надминувал отворот^{42,56}. Испитувањата кои се однесуваат на релацијата меѓу врвот на инструментот и апикалното стеснување покажуваат исто така големи варијации. Доколку врвот на инструментот се помести 1mm покусо, само во 15-18% од случаите лежи на апикалното стеснување^{24,57}, додека кај антериорните заби тоа изнесува 32%⁵⁸.

Постојат две техники на експозиција која се користат и при конвенционалната и при дигиталната интра-орална рендгенографија: паралелна и со симетрала на агол.

Каде техниката т.н. симетрала на агол (CA) или bisecting-angle (слика 2) вертикалното движење на тубусот е одредено према изометристкото правило на Cieszynski (1907). Каде овој начин на снимање централниот зрак треба да биде насочен под прав агол на симетралата

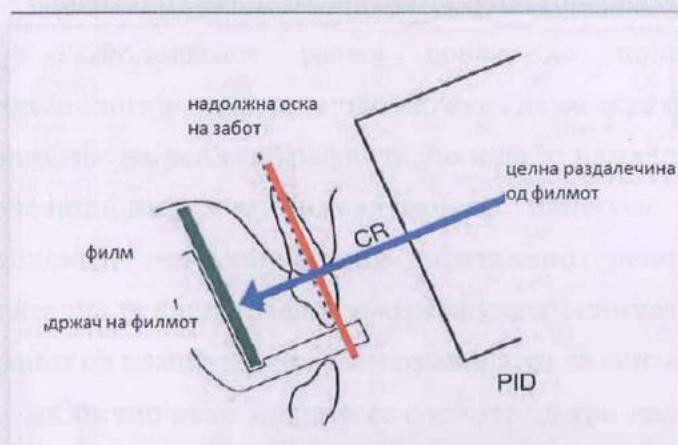
на аголот кој го формираат надолжната осовина на забот и површината на филмот. Со примена на ова правило се добива приближно иста големина на објектот и сликата, а при снимањето на секој заб има точно определен агол под кој треба да се постави тубусот на апаратот. Проблемите на оваа техника се јавуваат при неправилна вертикална или хоризонтална ангуларна релација која се формира меѓу забот и филмот. При вертикалната ангулација може да дојде до првидно издолжување или скратување на забите (кога забот е подалеку од филмот изгледа скартено). При хоризонтална неправилност доаѓа до суперпонирање на структурите на соседните заби.



Слика 2. Снимање со
техниката на симетрала на агол

Кај паралелната техника (Слика 3) филмот е поставен паралелно со надолжната оска на забот, а зракот минува под прав агол и преку објектот што го снимаме и под истиот прав агол паѓа на филмот. Добиената слика на рендгенграмот во целост одговара по обликот на снимениот објект. За оваа техника е потребен долг тубус на апаратот, помошен дел за паралелизација по McCormic и држачи за филм. Со оваа метода се намалува димензионалната дисторзија. Но за да се постигне паралелност на филмот и забот понекогаш треба да се зголеми растојанието меѓу забот и филмот, при што се губи острината на снимката. Ова е повеќе изразено во горната вилица.

При користење на двете техники за одредување на средната радиографска должина на предните заби, резултатите покажале отстапување (покусо за 1.3 mm или подолго за 2.1 mm), при што паралелната техника била многу поточна од техниката со симетрала на агол⁵⁵. Сепак и со двете техники имало елонгација на забите кај сите корени, освен кај букалните корени на максиларните молари, кои се скратени при втората техника на снимање.



Слика 3. Снимање
со паралелна техника

Споредбата на овие две техники покажале дека грешките при снимањето под агол се многу почести (24.16%), во споредба со оние при паралелната техника (10.83%). Со паралелната техника помала е дисторзијата на снимките и има помалку варијабили, што значи дека таа техника е многу поточна во прикажувањето на структурите⁵⁹. Радиографската должина која се пресметува преку двета вида техники на снимање ги испитувал Forsberg⁵⁹ кој покажал дека при паралелната техника растојанието на врвот на каналниот инструмент и апексот се со многу мал степен на грешка, за разлика од другата техника која е еднакво точна доколку инструментот се постави до самиот радиолошки апекс. Радиографиите ја покажуваат само релативната позиција на инструментот во однос на самиот корен и рендгенолошки видливиот врв на коренот на забот. Докажано е дека инструментот кој на сликата изгледа дека е поставен „прекусо“, всушност е близку до апикалната

конструкција и обратно, она што изгледа дека е идеално поставен инструмент е вклучност превисок инструмент кој навлегува во периапикалното ткиво⁴¹. Според испитувањето на Ashraf и сор.⁶⁰ со радиографското одредување на должината направено е погрешна одредување во 51% од каналите, иако инструментот со кој се мерело бил поставен од 0 до 2mm покусо од радиографскиот апекс.

Дигитална рендгенологија (Digital Imaging Systems)

Технолошкиот развој довел до појава на дигиталната рендгенологија, со која се овозможува да се скрати времето потребно за развивање на рендгенографите, но и да се намалат релативно високите експозициони дози (намалувањето изнесува од 50-95%) поради поголемата сензитивност на дигиталниот рецептор⁶. Апаратите за дигитална рендгенографија овозможуваат снимката да биде достапна на екранот од компјутер поврзан со апаратот за снимање.

Обично овие апарати се состојат од три дела: а) извор на зраците со мерач на времето за експозиција и сензор за регистрација на рентген зраците, б) камера и в) еcran. Сензорот врз кој паѓаат зраците реагира со флуоресценција и е пет пати почувствителен на икс-зраците во однос на класичниот филм. Информацијата во форма на светлина се пренесува до екранот, каде што во дигитална форма ја гледаме рендгенографијата по нејзината конверзија. Снимката не е статична туку може да се менува осветлувањето и контрастот, што претставува помош при работата, но и начин да се корегираат грешките настанати при експозицијата.

Дали дигиталната метода е подобра од класичната ртг е исто така прашање со кое се занимавале многу истражувачи. Мислењата се навистина поделени, но тоа веројатно зависи и од дигиталниот апарат кој се користи, навиката и искуството. Најчеста замерка е дека дигиталните снимки не се доволно јасни, но кај новите апарати тој проблем е надминат. Lozano и сор.⁶¹ сметаат дека дигиталниот систем е многу подобар, особено кога за одредување на должината се користат тенки инструменти, кои не се забележуваат на класичната снимка. Woolhiser и сор.⁶² го споредувале квалитетот на конвенционалната и

дигиталната рендгенографија при одредување на работната должина и покажале дека дигиталната метода нуди подобри снимки за анализа во апикалниот дел, или дека со многубројните снимки можноста за мерење на дужините се подобрени. Kal⁶³, Friedlander⁶⁴ и Melius⁶⁵ не наоѓаат предност при користење на дигиталниот метод.— Mentes⁶⁶ ова го поткрепува со своите резултати добиени со *in vitro* испитување, каде кај 2.81-7.58% од дигиталните снимки дужината била погрешно пресметана, за разлика од конвенционалната каде грешката била само кај 1.13%.

Сепак треба да се нагласи дека работата со дигиталниот систем е комплексна и за неа треба „хардверски програм“ и дополнителна обука. Испитување за влијанието на профилот на терапевтите во толкување на наодите на рендгенографските снимки и одредување на работната должина меѓу ендодонтите, општите стоматолози и рендгенолози направиле Сох и сор⁶⁷. Иако на испитуваните лица им биле дадени истите инструкции, совпаѓањето на исказите било потврдено само кај 68% од снимките. Според испитувањата на Алотмани и сор.⁶⁸ сигнификантно влијание на точноста при рендгенографското одредување на работната должина има клиничкото искуство.

Електронско одредување на работната должина

Современата ендодонција полека станува незамислива без употреба на електричните ендометрите - апарати со кои преку мерење на проводливоста во коренскиот канал и околните ткива може да се одреди локализацијата на апикалното стеснување. Интересно е да се напомене дека иако работата со овие апарати е многу едноставна, а и самите апарати имаат прифатлива цена, во стоматолошката пракса се уште нема статус на неопходна алатка при изведување на ендодонтската терапија.

Својата популарност апекс локаторите ја добија бидејќи со нив се елиминираат проблемите кои се поврзани со рендгенолошката метода: поедноставен и побрз начин на работа, намалување на изложување на рендген зраците, како за пациентот, така и за стоматолошкиот

персонал; исклучување на субјективната процена за должината на каналот, процена на морфологијата на каналите во три димензии, можност за комбинирана употреба со колењаците за машинска обработка на коренските канали. Електронските апекс локатори се посебно важни кога апикалниот дел од каналите се препокриени со други анатомски структури, како на пример екстензивна густина на коската, испапчувања (торуси), инфразигоматичната зона, вестибуларните закривувања, корењата кои се преклопуваат и сл⁵⁰.

Иако е вообичаено овие апарати да ги нарекуваме „апекс локатори“, тоа е погрешен термин, бидејќи со нив се одредува локацијата на апикалното стеснување или апикалниот отвор, а не врвот на коренот. Сепак, бидејќи тоа е нивното вообичаено име во понатамошниот текст ќе се задржиме на терминот електрични апекс локатори (ЕАЛ).

Електричната метода за мерење на работната должина се базира на својството на електричната енергија да наидува на различен отпор кој може да се измери при минување низ различни ткива на забите и вилиците⁶⁹. Било воочено дека мукозните мембрани и парадонтот даваат отпор на електричната енергија од $6,5\text{ K}\Omega$, што одговара на јачина на струја од $40\text{ }\mu\text{A}$. Врз основа на овој отпор се конструирани електронските апарати за одонтометриските мерења.

За да може да се направи мерење потребно е да се воспостави струјното коло. Едната електрода се става на усната, а другата се поврзува со ендодонтскиот инструмент кои се наоѓа во коренскиот канал, при што се затвара електричното коло. Обично работната должина се одредува со првиот иницијален инструмент чиј дијаметар одговара на дијаметарот на апикалното стеснување. При мерењето многу е важно инструментот да нема контакт со метални делови од коронката или реставрацијата низ кои е направена трепанацијата, за да не дојде до предвремено затворање на струјното коло. Исто така важно е каналниот инструмент или металните делови од електродата да не го допираат парадонталното ткиво или крвта која се сецерира од трауматизираната или воспалената гингива.

Иако принципот на работа кај сите апекс локатори е во основа ист, во текот на својот развој се разликуваат повеќе „генерации“ чии своиства станувале сè подобри и поуспешни во мерењето. Класификацијата на апекс локаторите според McDonald се базира на типот на струјата (еднонасочна или двонасочна), отпорот и бројот на фреквенции⁷⁰.

Првата генерација на ЕАЛ функционираат на принципот на одредување на отпорот (со синусоиден облик) при течење на наизменична струја со една фреквенција⁶⁹. Недостатоците на ЕАЛ од првата генерација се: појава на болка поради примена на струја со висока фреквенција (150 Hz), грешки при мерење во присуство на ириганди, крв, гној, хелати и витално пулпно ткиво. Исто така потребна била калибрација пред секоја употреба⁷¹.

Втората генерација ЕАЛ која се нарекуваат и апекс локатори со импеданса, се иновирани во 80-те години на 20 век. Тие го мереле отпорот меѓу две електроди користејќи се со една фреквенција⁷⁰. Наместо отпор се мери импедансата (назив за отпор при проток на наизменична струја. Се состои од отпор и капацитет и има синусна амплитуда). Отпорот расте во тесните делови од каналот. Со зголемување на отпорот расте и импеданцата. Па така, вредноста на импеданцата е најмала во коронарниот дел, се зголемува во апикалниот дел⁹. Вредностите на импедансата се релативно константни при контактот на инструментот со преодонталната мембрана. Недостатоците на овие ЕАЛ се: непрецизните резултати во присуство на електролити во каналот (крв, ириганди, пулпа), појава на краток спој при присуство на кариес, плинка или инструменти во соседните канали⁷².

Третата генерација на ЕАЛ го користи принципот на симултана измена на фреквенциите (8 KHz и 0.4 KHz) со цел да се пресмета коефициентот, кој пак ја изразува локацијата на врвот на каналниот инструмент во ендодонтот⁷³. Принципот на мултипла фреквенција се базира на промена на импедансата на каналната електрода према ткивните течности⁵⁰. Кога врвот на електродата е одалечен од апикалното стеснување импедансата е минимална, како се приближува

нагло се покачува и кога ќе навлезе во периапикалното ткиво наеднаш опаѓа. Кај ЕАЛ од третата генерација не пречи присуството на електролити, органска содржина и ткивна течност во каналот. Па прецизни мерења може да се направат со точност меѓу 85% и 95%⁴⁷. Недостаток на ЕАЛ од оваа генерација се: грешки во мерење при контакт на каналната електрода со метал или доколку има заостаната гутаперка при ревизија на полнењето. Исто така иако одредено количество влага не пречи, сепак не се препорачува да има премногу течност во каналот, па пожелно е со памукче да се отстрани течноста од кавумот на пулпата¹⁷. Апекс локаторот од третата генерација Root ZX бил предизвик за голем број на автори да ја испитаат неговата ефикасност. Со текот на времето дури станал и бренд со кои се споредуваат останатите апекс локатори. Резултатите за неговата прецизност се поголеми во однос на претходниот тип (Endex) и се движат од 82,75% ако каналниот инструмент е на растојание помало од 0,5mm од апексот, па се до 100%, доколку се прифати отстапување до 1mm меѓу врвот на каналниот инструмент и апикалното стеснување⁷⁴.

Четвртата генерација АЕЛ се слични на претходните освен што отпорноста и капацитетот се мерат одвоено, што дозволува различни комбинации на нивните вредности, што секако доведува до поточно мерење и помала можност за појава на грешка^{70, 75}. Ова се апекс локатори кои се многу едноставни за употреба и имаат голема прецизност. Според наодите на Kaufman-а прецизноста на мерење на Raypex*4, претставник на четвртата генерација била поголема од онаа на Root ZX (трета генерација). IPex (NSK Nakanishi) е апарат за одредување на работната должина од четвртата генерација и е испитуван во најновите студии.

Петта генерација апекс локатори - Иновирани се во 2003 година. Тие исто така го мерат капацитетот и отпорноста на колото одделно. Имаат табела за дијагностика, која ги пресметува вредностите и со точност ја одредува позицијата на врвот од каналниот инструмент. Нивен главен проблем е работењето во суви канали. Propex® II на Maillefer е претставник на оваа генерација. Новитет кај него е можноста

за зумирање на апикалниот дел, што се активира кога инструментот ќе навлезе во апикалниот дел.

Шестата генерација (Adaptive Apex Locator) ги надминува недостатоците кои се јавуваат при недоволна прецизност во влажни канали (популарните апекс локатори од 4-та генерација), и потешко одредување во суви канали и потребата од дополнително навлажнување (V- та генерација). Адаптивните апекс локатори континуирано ја одредуваат влажноста и веднаш се адаптираат кон влажни или суви услови за работа. Поради тоа тие можат со успех да се користат и во суви, но и во канали кои се полни со крв, ексудат или канали каде се уште не е екстирпирана пулпата.

Испитувањата кои се однесуваат на електронското мерење на работната должина главно се од два типа: или електронското мерење е споредувано со класичната рендгенолошка метода или ги споредуваат различните типови/генерации на апекс локатори. Испитувањата кои се однесуваат на електронско мерење на работната должина со од три типа:

- *in vivo* каде мерењето се изведува кај пациенти, а контролата се врши преку рендгенографската снимка. Недостаток на оваа метода се проблемите кои произлегуваат од рендгенолошката снимка на забот.
- *ex vivo*, каде одонтометријата се врши на заби на пациентот кај заби кои се индицирани за екстракција, па контролата на прецизноста се врши по екстракцијата. По мерењето ендодонтскиот инструмент се фиксира во измерената позиција, по што забот се екстрагира и се одредува положбата на врвот на инструментот. Со оваа метода се добиваат најрелевантни клинички податоци.
- *In vitro* испитувањата се вршат на веќе екстрагирани заби. Обично забите се поставуваат во електроспроводливи медиуми (алгинат, агар, желатин или водени раствори за да се симулира клиничката ситуација. Обично кај овој тип се добиваат најдобри резултати, кои не е можно да се постигнат клинички⁵⁰.

Дилемите кои најчесто сакаат да ги разрешат испитувачите се: колку се прецизни денешните ЕАЛ, дали електронската метода е подобра од рендгенолошката има дали има разлики во точноста меѓу различните апарати?

Резултатите од литературата се често спротивставени, па дури и контрадиктори, па поради тоа тешко може да се даде точен одговор на било кое прашање.

Направени се многу *in vivo* и *in vitro* испитувања за прецизноста на електронските апекс локатор. Резултатите се навистина контролервни и прикажуваат вредности од: 59%⁷⁶, 66%⁷⁷, 73%⁷⁸, па се до 90%⁷⁹, 93%⁸⁰, па се до 100%⁸¹.

Во своето клиничкото испитување на Smadi⁸² прави компарација меѓу самостојно употребени три ЕАЛ или нивна комбинација со конвенционална радиографија, при што доаѓа до заклучок дека добиените разлики не се сигнификантни, па според тоа дури и без непотребно зрачење и работа само со апекс локатор е доволно за да се добие прецизно мерење на коренскиот канал. Сепак, описанот заклучок е дека апекс локаторите не можат да бидат целосна замена на рендгенграфиите⁸³, но може да се сметаат како одлично допонување на ртг снимките, со што секако ќе се подобри одредувањето на работната должина во ендодонцијата^{78, 84}, а притоа може да се намали бројот на потребни рендгенографии.

Дали рендгенграфската одонтометрија е подобра од електронската? Многу повеќе автори при споредба на овие две методи предност даваат на електронското одредување на работната должина⁶⁰. Jarad и сор.⁸⁵ кои спроведуваат клиничка студија, точност при работата постигнале во 91% со ЕАл од 4-та генерација, наспроти 74% од случаите мерени со помош на конвенционална рендгенграфија. Ravanshadet. и сор.³², ја проценувале ефикасноста на Raypex 5 (четврта генерација) во одредувањето на работната должина, преку процена на дефинитивната оптурација. Точноста при електронскиот метод била 94%, во споредба со 69% при рендгенолошката метода. Испитувањето на Martinez-Lozano²³ покажало дека електронската метода задоволува во 67,8%,

наспроти 50,6% и 61,4% кај конвенционалните и дигиталните рендгенски методи.

Многу се помалку авторите кои предност и даваат на рендгенолошката метода ⁷. Во *in-vivo* испитувањето на Keller и сор.⁸⁶ кои го одредувале апикалното стеснување, доаѓат до заклучок секако рендгенграфската метода применета од искусни ендодонти многу подобро ја одредувабараната референтна точка. Има ли разлика меѓу различните апекс локатори ? Stober и сор.⁸⁷ ја споредуваат прецизноста на двата апекс локатори (root ZX и iPex) и доаѓаат до заклучок дека не постои сигнификантна разлика меѓу нив. Paludo и сор.⁷¹ во *in vivo* студија ја компарираат способноста за детекција на апикалното стеснување на iPex (NSK) со апекс локаторот на Septodont (Apex) кај различни групи на заби преку рендгенографски снимки. Тие не наоѓаат разлики меѓу двата вида апарати во однос на прецизноста во мерењето. Puri N и сор.⁸⁸ ја споредуваат прецизност на мерење на работната должина iPex со DentaPort ZX со ниво на толеранција од ± 0.5 mm и добиваат резултат дека точноста на мерењето со DentaPort ZX била постигната кај 93.3% од случаите, додека онаа на iPex била 90%, иако разликата не била сигнификантна.

Едно *in-vivo* испитување на Welk A.R. и сор.⁸⁹ ја споредувале прецизноста во детектирање на апикалното стеснување со два типа на на ЕАЛ. (2003)- Root ZX и Endo Analyzer 8005. Добиле статистики значајна разлика во резултатите при што Root ZX покажал точност во 90.7%, додека Endo Analyzer само од 34.4%.

Различните резултати најверојатно укажуваат дека начинот на користење на апекс локаторот е многу поважно отколку производителот или типот на апаратот. Кога апекс локаторот се употребува правилно , тогаш тоа е наточен метод за одредувањето на работната должина.

На прашањето дали при работата со апекс локатори има некои фактори кои влијаат врз прикажаните вредности, постојат различни одговори.

Витални наспроти авитални заби: Dunlap и сор.⁴⁵ ја мереле работната должина со Root ZX кај 39 пациенти со витални или авитални пулпи кои биле индицирани за екстракција. Иако попрецизно одредена била должината кај виталните заби (просечно 0.21 mm кај

виталните, наспроти 0.49 mm кај авиталните заби) разликата била несигнификантна.

Сосема спротивни резултати добиваат Pommer и сор.⁹⁰ Во своето ин виво истражување спроведено на 170 канали со витална пулпа или гангренозно распадната пулпа, ја одредувале работната должина со AFA Apex Finder. Веродостојноста на мерењето го потврдувале со рентген снимки, каде одредувале колку е одалечен врвот на каналниот инструмент во однос на радиографскиот апекс. Наоѓаат дека кај 86% од сите испитани случаи ова растојание изнесува 0,5-1мм, што се смета за пожелно. Меѓутоа точно одредена должина потврдиле кај 93.9% од виталните заби, наспроти 76.6% на авиталните заби, што претставува статистичка разлика. Метода на работа слична на претходната коритат и Akisue E и сор.⁹¹, но тие не неоѓаат сигнификантна разлика меѓу двете испитувани групи. Прецизно одредување се постигнало кај 94.8% од виталните наспроти 97% кај авиталните. Тие заклучуваат дека електронскиот апарат со кој работат дава добри резултати, без разлика на виталноста на забот. Mayeda DL и сор.⁷⁷ го испитуваат апекс локатор од третата генерација (Endex), но исто така добиваат несигнификантна разлика при мерењето на виталните и некротичните канали.

Течности во коренскиот канал: На дилемата дали присуството на биолошки материјали (гној или крв) во коренскиот канал влијае на очитувањето и точноста на одредени апекс локатори нема конкретен одговор. Виталното пулпно ткиво, инфламаторниот ексудат и крв може да се спроводници на електрицитетоти да доведат до неточно мерење, па потребно е да се направат напори нивното присуство да се намали пред да се започне со дефинитивното одредување на работната должина⁹². Иако произведувачите на најновите генерации апекс локатори истакнуваат дека апаратите можат да се користат и во влажни канали од различна природа, сепак нивната прецизност е помала во присуство на течност во каналот, т.е. тие подобро функционираат во суви канали³⁹. Сосема спротивни резултати добива Jenkins et al.⁹³, кој констатира дека на најголемиот дел од денешните апекс локатори не влијаат иригансите во каналот. Но веројатно сите овие прикажани резултати зависат и од тоа која генерација на ЕАЛ се испитувала.

Можеби многу поважен би бил одговорот за кој тип на ириганс станува збор. Joshi и сор.⁹⁴ во нивното испитување најточни резултати добиле при мерењето кога во каналот имало 2% хлорхексидин, потоа 17% ЕДТА, додека мерењата во присуство на 3% натриум хипохлорид, 3% хидроген или во сув канал биле најмалку задоволувачки. Duran-Sindreu F.⁹⁵ во *in vivo* испитување ја споредува работата на iPex и Root ZX апекс локаторите во присуство на две солуции за иригација: 2.5% NaOCl и 2% CHX. Доаѓа до заклучок дека течноста во каналот не влијае на работата ниту на двата апарати, но сепак помалку сигурни резултати давал апекс локаторот iPex.

Сите течности поставени во каналот немаат иста спроводливост; тие може да се неутрални и електроспроводливи. Joshi и сор.⁹⁴ ги класифицирале течностите кои се користат при ендодонтската терапија од најспроводливиот до намалку спроводливиот, па редоследот е следен: 5.25% хипохлорит, 14.45% EDTA, физиолошки раствор, за на крај да останат RC-prep (лубрикант) и 70% алкохол не се електроспроводни. При тоа NaOCl е многу повеќе (10 пати), додека H₂O₂ е многу посебен (50 пати) проводник од физиолошкиот раствор.

Ebrahim и сор.⁹⁶ покажуваат дека големината на инструментот со кој се мери должината, фазата во која се мери (пред или по обработката) и типот на иригансот влијаат на појавување на грешки при мерењето. Нагласуваат дека во присуство на течност во каналот подобри резултати се добиваат ако мерниот инструмент биде со точна ширина колку и што е каналот во кој се врши одонтометрија. Освен присуството на течност на точноста влијае и промерот на апикалниот отвор. Доколку каналот е тесен, течноста не влијае врз точноста на резултатите од мерењето.

Точноста е поголема при потесни канали со помал апикален отвор, но и доколку како референтна точка се користи апикалниот отвор, а не апикалното стеснување. Апикалниот отвор е точка која кај сите ЕАЛ има константна вредност, ова се потврдува. Во испитувањето на Јукиќ⁵⁰ и сор. мерењето во сувите канали било поточно кога за референтна точка било одредено апикалното стеснување, но доколку како референтна точка било земен апикалниот отвор, течностите имале помало влијание врз точниот резултат. Помалото влијаније на течностите, т.е.

електролитите при мерењето се обаснува со преовладувањето на отпорот на периапикалното ткиво во однос на проводливоста на течноста. Се разбира, полнењето до самиот апикален отвор дава ризик од преполнување, што значи точната локација се утврдува на апикалниот отвор, но инструментацијата и полнењето треба да се малку покуси од таа точка.

Големината на апикалниот отвор исто така има влијание на електронското одредување на должината на каналот. Mohan⁷ потврдил дека кога големината на апикалниот отвор е помала од 0.2 mm тоа не влијае врз мерењето дури и во присуство на кондуктивни ириганди во каналот. Забите со недовршен раст на корен исто така даваат погрешен резултат, (Wu и спр. ⁴⁹), бидејќи инструментот не доаѓа во контакт со дентински сид во апикалниот дел ⁹⁷. До истото сознание доаѓаат и Tosun⁹⁸ и Goldberg ⁹⁹ кои сметаат дека доколку постои отворен апекс, апекс локаторите не даваат сигурен резултат, додека сосема спротивен став дека отворениот апекс нема влијание врз точноста има Lee ¹⁰⁰, но и Nelson-Filho P и спр. ¹⁰¹ го испитуваат апаратот на млечни молари и добиваат резултат дека iPex точно го идентифицира апикалниот форамен без разлика на степенот на ресорпција.

Има повеќе испитувања кои се однесуваат на користењето на ЕАЛ и неговата точност при ретретман, влијанието на претходното ширење и коефициентот на репродуцибилност.

In vitro and in vivo испитувањата покажуваат дека првично измерената работна должина се менува при обработката на коренските канали. Прелиминарното проширување на коренскиот канал (preflaring) е важен чекор во ендодонтската терапија, особено кај неправилни и криви канали. Проширувањето во коронарниот дел е докажано дека го олеснува навлегувањето на инструментите во апикалниот дел на каналот. Но, се поатавува прашањето дали има разлика во точноста на одонтометријата доколку каналот е претходно обработен (preflared). Ibarrola et al. ¹⁰², кој го испитувале Root ZX добиле многу поточни резултати кога ја користелр краун-даун техниката на обработка, отколку кога коренскиот канал го обработувале

на конвенционалниот начин. До слични резултати доаѓа и deCamargo¹⁰³. Lopez и сор.¹⁰⁴ од друга страна не наоѓаат разлика меѓу прелиминарно проширените и непроширените коренски канали, а исти така кај механички проширените канали потенките или пошироките инструменти даваат еднаква точност. Проширувањето на коронарната третина се препорачува таа бидејќи допринесува до поуспешен ендодонтски третман, меѓу другото поради полесното одредување на големината на првиот канален инструмент со кој ќе се достигне работната должина и дијаметарот на инструментот потребен за апикалното проширување¹⁰⁵.

Видот на металот од кои се користени за каналните инструменти нема влијание врз точното мерење на апекс локаторите, бидејќи исти резултати се добиваат при мерење со никел-титаниумски инструменти или оние од нергосувачки челик¹⁰⁶.

При работа со ЕАЛ многу е важно да не се направи акумулација на дебрис во коренскиот канал при обработката, бидејќи на тој начин ќе се прекине електричниот отпор меѓу каналот и периапикалното ткиво. Поради тоа многу е важна константна рекапитулација и обилна иригација за целото време на обработката на коренскиот канал.

Но, кој од посочените методи го користат најчесто стоматолозите? Целта на трудот на Gyorfi и сор.¹⁰⁷ била да се направи испитување кое би покажало која метода за одредување на работната должина е најчесто прифатена меѓу стоматолозите од општа пракса во Унгарија. Резултатите покажале дека 70% од стоматолозите го користат рендгнографскиот метод, 19% употребуваат апекс локатор, а 21% ја користат тактилно-сензорната метода или работната должина ја одредуваат према реакцијата на пациентот. 44% од нив мерењето го вршат веднаш по отстранување на пулпата, а 22% на крај по направената обработка на коренскиот канал. 34% од стоматолозите не вршат проучување на преоперативната рендген снимака за одредување на работната должина. Авторите заклучуваат дека стоматолозите го користат начинот на работа што го учеле за време на студирањето и дека голем процент од нив не ги прифаќаат придобивките од современата стоматологија.

ЦЕЛИ НА ТРУДОТ:

Главна цел на ендодонтската терапија е темелно отстранување на содржината од целиот систем на коренските канали. Тоа се постигнува со обликувањето на коренскиот канал и истовремено делување на сретствата за иригација и интраканалните медикаменти. Но, првиот чекор кон успех на ендодонтската терапија е одредување на точната должина на каналот. Имајќи го овој податок во предвид, целта на испитувањето е да се споредат можностите и прецизноста на различните методи за одредување на работната должина во клинички и *in vitro* услови.

Цел на клиничкото испитување беше:

- да се спореди прецизноста на електронската и тактилно-сензитивната метода за одредување на работната должина
- да се одреди дали анатомските карактеристики на повеќекоренските заби влијаат врз одредувањето на работната должина
- да се процени дали постои разлика при одредувањето на работната должина кај заби кои се трајно или времено десензибилизирани

Целите на од *in vitro* испитувањето беа:

- да се спореди точноста при одредување на работната должина на три методи: рендгенолошката, електронската и тактилно-сензорната
- да се процени дали рендгенографската снимка ја одразува вистинската слика на одредувањето на апикалната референтна точка, односно колкаво е растојанието од врвот на ендодонтскиот инструмент за кој имаме рендгенолошки податок до апикалното стеснување.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

За реализација на поставената цел ќе се спроведат два вида испитувања: *in vivo* (клиничко испитување) и *in vitro*.

Клиничко испитување

На Клиниката за болести на забите и ендодонтот при Универзитетскиот стоматолошки клинички центар беше направена ендодонтска терапија на 59 витални први и втори молари поради иреверзибилно оштетување на пулпата. Според препораките од етичката комисија од секој пациент беше побарана согласност да учествува во испитувањето. Пациенти беа на возраст од 18 до 45 години. За секој пациент беа земени податоците релевантни за испитувањето (генералии, главна поплака, диагностицирање, план и начин на третман (метода на работа и применета метода за одредување на работната должина). Пред започнување на терапијата беше направена ретроалвеоларна рендгенографска снимка за секој заб вклучен во испитувањето.

Пациентите беа поделени во две групи според методата која ја применивме за одредување на работната должина: I група: одредувањето на работната должина со тактилно-сензорниот метод, II група мерење со помош на апекс локатор. Која од методите ќе се употреби, односно кој пациент во која група ќе припадне беше по случаен избор. Во секоја од групите имаше приближно еднаков број на пациенти каде се примени морталната или виталната метода на десензибилизација, што значи дека секоја група содржеше по две подгрупи.

Одредување на работната должина со тактилно сензорна метода

По отворање на пристапниот кавитет и екстирпација на пулпата, за да се отстранат сите органски остатоци во каналот, беше направена иригација со 3% натриум хипохлорит и последователно со дестилирана

вода. Во секој канал внимателно внесувавме канален инструмент со промер 15 (No. 15 K-file) се додека не се почувствува и одреди местото на апикалното стеснување. На секој инструмент ќе се постави гумен прстен (стопер) со кој ќе се одреди коронарната референтна точка. Оваа должина ќе се измери на градуирана скала и забележи во работниот картон на пациентот како тактилна работна должина). Забот со поставените инструменти го снимавме рендгенолошки. На снимката со зголемување од 3,5x го одредувавме отстојувањето на врвот на инструментот од точката за која сметавме дека е местото на физиолошкото стеснување на коренскиот канал.

Одредување на работната должина

со електронски апекс локатор

По отворање на пристапниот кавитет и екстирпација на пулпата (пред почеток на мерењето), за да се избегне погрешноочитување на резултатите, забот темелно го исправме и сушевме. Одредувањето на должината беше направено со апекс локатор од четврта генерација, IPex (NSK Nakanishi INC., Kanuma –City, Japan) (слика 4) според упатството од производителот. Едната електрода ја поставувавме на долната усна на пациентот, а во другата поставувавме канален инструмент со промер 15 (No. 15 K-file) кој ќе биде внесен внимателно во секој канал се додека не добиевме сигнал дека врвот на инструментот се наоѓа на 1mm од радиографскиот апекс, односно дека сме на местото на физиолошкиот апикален отвор. По означување коронарната референтна точка, инструментот внимателно го отстранувавме од забот и одредената должина ја мерејме на градуирана скала и забележувавме во работниот картон на пациентот како електронска работна должина.

Периапикалните рендгенографии беа испитани со помош на лупа и зголемување од 3,5 x. По одредување на работната должина, во секој канал поставувавме ендодонтски проширувачи чиј врвот го поставувавме да се совпаѓа со точката која ја одредивме за апикална референтна точка.

И во двете групи втората снимка ја прававме со поставените канални инструменти, а врз база на рендгенграфска снимка, со анализа на растојанието меѓу врвот на инструментот и бараната референтна апикална точка ги добивме резултатите на испитуваните одонтометрички методи.

Добиените резултатити ги означувавме како: а) прецизни, доколку врвот на инструментот лежеше на бараната точка б) прифатливи кога растојанието изнесуваше најмногу до $\pm 0,5$ mm в) неприфатливи или клиничка грешка, доколку растојанието беше меѓу 0,6 и 1 mm и г) груба грешка доколку ова растојание беше поголемо од $\pm 1,1$ претставува целосен неуспех- доколку растојанието е поголемо од 1mm. Позитивните вредности ни означуваа дека врвот на инструментот ја надминал бараната точка, а негативните дека тој се наоѓа пониско во каналот и не ја достигнал бараната точка.



Слика 4: Апарат користен во испитувањето за електронско одредување на работната должина

По одредувањето на должината, обработката и оптурацијата на забите од сите групи ќе биде во согласност со измерената работна должина. Инstrumentацијата на каналите ќе биде направена според стандардниот начин (класична обработка на коренски канал со

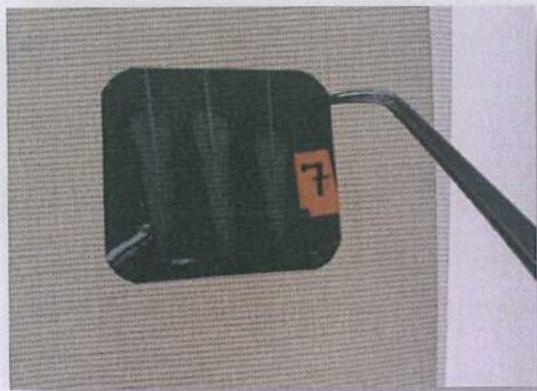
коницитет од 2%) а полнењето ќе биде направено со single cone техниката.

in vitro испитување:

За потребите на испитувањето употребивме зо прави еднокорени екстрактирани заби со целосно формиран корен. Забите ги селектираавме со директен клинички преглед. Во испитувањето не вклученивме кариозни, реставрирани или фактурирани заби, заби со недовршен раст на корен, заби со ресорпција на коренот, ниту заби со повеќе од еден канал.

Пред да се започне со испитувањето забите беа поставени во 3% натриум хипохлорит за да се отстранат сите остатоци од периодонталниот лигамент. За да се избегнат сите интерперсонални разлики, сите заби беа обработени од еден испитувач.

На секој заб направиме рендгенографска снимка, која служеше како ориентација при одредување на работната должина. За одредување на должината користевме милиметарска мрежичка која ја поставувавме преку снимката. Претпоставената работна должина ја пресметувавме со одземање на 1 mm од измерената должина на снимката.



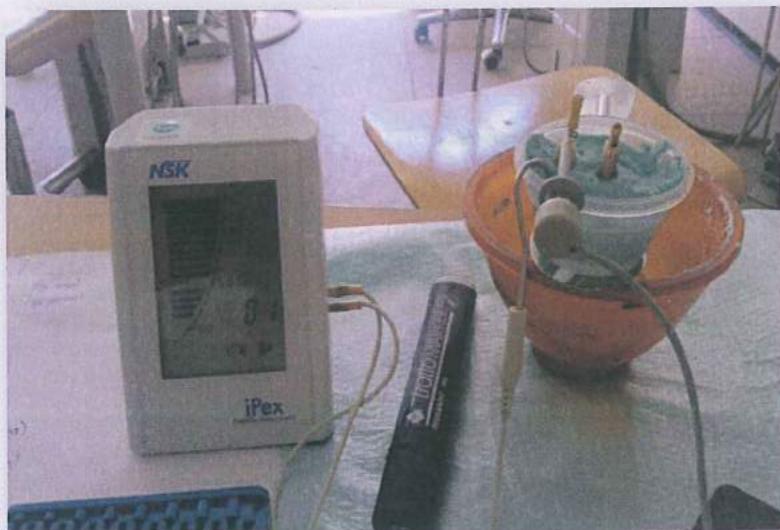
Слика 5. Одредување на должина на канал на ртг со милиметарска мрежичка

На сите заби беше испрепариран пристапен кавитет, остатоците од пулпа извадени, а потоа со коренски дел ги поставувавме во алгинат,

а сите мерења ги завршувавме во период не подолг од 30 минути за да се одржи алгинатот доволно влажен, што е особено важно при користење на апекс локаторот.

Забите по случаен избор беа поделени во три групи според користениот начин на одредување на работната должина:

Работна должина кај забите од првата група ја одредувавме со апекс локатор (iPex NSK, Tokyo, Japan). За да можеме да ги имитираме природните услови во оралната празнина корените на забите ги поставувавме во свежо замешан алгинат, а електродата што треба да се постави на усната на пациентот ќе биде поставена во самиот алгинат (слика 5). Отпорноста на свежо замешаниот алгинат е истоветна со отпорноста на виталните ткива во усната празнина, па според тоа добивавме релевантни резултати од мерењето.



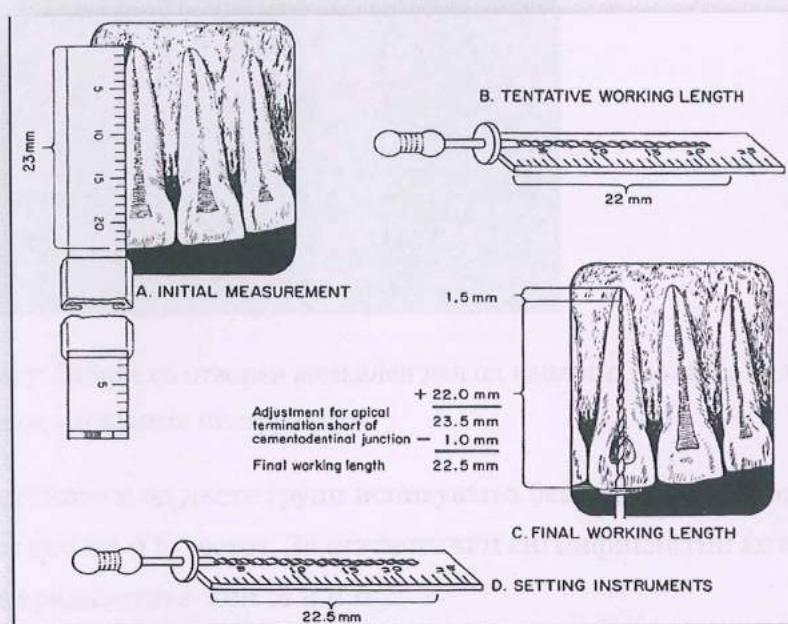
Слика 5: забите од првата група поставени во алгинат за одредување на работна должина ја со апекс локатор

Кај забите од втората група ја користевме рендгенолошката метода по Ingle: Постапката беше следна: на првата рендгенографија, на која ја меревме должина на каналот (иницијално мерење); од измерената должина одземавме 1mm; Затоа заедно со инструментот повторно го снимавме. Вистинската работна должина ја добивавме со

дополнително скратување од 1мм како фактор на сигурност. Шематски оваа метода е прикажана на слика 6.

Работна должина кај забите од третата група ја одредувавме со тактилно-сензитивната метода. За да избегнеме било каква субјективност, корените на забите ги поставувавме исто така во алгинат.

По одредување на должината, кај сите заби каналниот инструмент го внесувавме во позицијата која претходно ја измеривме и го фиксиравме во одредената позиција со глас јономер цемент. Правевме втора (или трета снимка за втортата група) рендгенска снимка, според која ја одредувавме точноста на мерењето кај секоја од испитуваните три методи. Начинот на пресметување и толкување на резултатите беше еднаков како и кај клиничкото испитување.



Слика 6: шематски приказ на методата по Ingle

Со цел да го анализираме соодносот на врвот на каналниот инструмент со апикалното стеснување, што беше и нашата барана референтна точка апикалната третина ја отваравме со постепено остранивање на дентинот од едната страна, слој по слој со дијамантски

борер. Кога ќе останеше само тенок слој на прозирен дентин, тој го отстранувавме со скалпел (слика 7). Апикалниот дел од примероците го анализираавме под зголемување од 3 пати.

Според измереното растојание меѓу врвот на инструментот и најмалиот дијаметар, примероците ги категоризираавме во четири групи: а) точно определени, каде нема растојание меѓу двете точки; б) мерење кое е дава прифатлив резултат –каде растојанието на инструментот од бараната точка ќе биде намногу до 0,5мм и в) клиничка грешка, доколку врвот на инструментот ќе биде на растојание поголемо од 0,5мм, но помало од 1мм г) група која претставува целосен неуспех- доколку растојанието е поголемо од 1mm.



Слика 7. Забите со отворен апикален дел од каналот. Може да се забележат врвовите од каналните инструменти.

Податоците и од двете групи исписувања беа анализирани со SAS системот system и t- тестот. За статистички сигнификантни ќе ги сметаме вредностите кои се ≤ 0.05 .

РЕЗУЛТАТИ

Клиничко испитување:

Ендодонтска терапија беше направена кај 59 пациенти, со дијагноза иреверзибилно воспаление на забната пулпа. Кај сите нив беше направена ендодонтска терапија, при што се применивме еден од двата методи на десензибилизација (витална или мортална), во зависност од клиничката дијагноза и индикациите, секако во интерес на пациентот. Работната должина ја одредувавме со една од двете методи на мерење (електронска и тактилно-сензорна). На Табела.1 е прикажана дистрибуцијата на забите (вкупно 59 заба или 177 корени) според одонтометристичката метода и начинот на работа (витална или мортална екстирпација на пулпата).

Таб 1. Дистрибуција на заби кај пациенти според методата за одредување на работната должина и начинот на десензибилизација

Одонтометристичка метода	Ендодонтска терапија			
	Мортална екстирпација		Витална екстирпација	
	Горни молари	Долни молари	Горни молари	Долни молари
Електронска метода	4	11	7	8
Тактилно-сензорна	5	9	7	8
Вкупно по група	9	20	14	16
вкупно		59		

Апикалната референтна точка која ја сметавме за најправилна на рендгенографиите ја означувавме со ознаката (o), и таа се наоѓаше на 1mm под рендгенолошкиот апекс. Доколку врвот на инструментот ја поминуваше оваа точка и се наоѓаше над неа (до рендгенографскиот апекс или повисоко, вредноста ја изразувавме во mm со предзнак (+), а ако не ја достигнуваше референтната точка и се наоѓаше пониско во каналот добиваше предзнак (-).

Добиените резултати од мерењата се прикажани на следните табели:

На следните табели (табела 2 и табела 3) се прикажани дистрибуцијата на фреквенцијата на измерени должини, односно нивното отстапување од референтната точка кај секој коренски канал поединечно каде беше применета морталната екстирпација. На табела 2 одонтометријата е направена со електронска метода кај 4 максиларни и 11 мандибуларни молари. Оддалеченоста на измерената референтна точка се движеше во интервал од максимум +2 mm (повисоко мерење во однос на референтната точка) до најмалку - 3mm (покусо од посакуваната точка). На табела 3 се прикажани резултатите добиени при применета тактилно-сензорната метода кај 5 максиларни и 9 мандибуларни молари. Во оваа група постоеше голема неуедначеност во добиените вредности, која варираше од +2 mm до дури 6mm под бараната референтна вредност.

Таб 2: Дистрибуција на фреквенции при електронско мерење на коренски канали молари десензибилизирани со мортална метода

		Разлика при мерење изразено во mm												
	Од- до	+1,1 + 2	+0, 6+1	+0,1 +0,5	0 -0,5	-0,1 -0,5	-0,6 -1	-1,1 -2	-2,1 -3	-3,1 -4	-4,1 -5	-5,1 -6		
Горни молари	П		1		2	1								
	МБ			3	1									
	ДБ		1	1	2									
Долни молари	Д	1		2	7				1					
	МБ			1	5	1	1	2	1					
	МЛ	1	3	2	4	1								

На табелите 4 и 5 се прикажани дистрибуциите на фреквенцијата на измерени должини, односно нивното отстапување од референтната точка кај секој коренски канал поединечно кога ја извршивме виталната екстирпација.

Таб 3: Дистрибуција на фреквенции при тактилно- сензорна метода на коренски канали кај молари десензibilизирани со мортална метода

		Разлика при мерење изразено во mm											
		Од- до	+1,1 + 2	+0, 6+1	+0,1 +0,5	0	-0,1 -0,5	-0,6 -1	-1,1 -2	-2,1 -3	-3,1 -4	-4,1 -5	-5,1 -6
Горни молари		П		2		1			1		1		
		БМ				1		1		2			1
		БД		1					2		2		
Долни молари		Д	1	1	2	2	1		2				
		МБ			1	1		2	3	1	1		
		МЛ		1			3	3	2				

На табела 4 одонтометријата е направена со електронска метода кај 7 максиларни и 8 мандибуларни молари. Оддалеченоста на измерената референтна точка се движеше во интервал сличен на групата со мортална екстирпација и тоа максимум +2 mm до најмалку – 2mm покусо од посакуваната точка.

Табела 4. Дистрибуција на фреквенции на резулати добиени при електронско мерење на молари десензibilизирани со витална метода (разликата е изразена во мм)

Разлик а во mm	Електронска метода на мерење на рд											
	Од- до	+1,1 + 2	+0, 6+1	+0,1 +0,5	0	-0,1 -0,5	-0,6 -1	-1,1- -2	-2,1 -3	-3,1 -4	-4,1 -5	-5,1 -6
Горни молари		П			1	6						
		БМ	1			5	1					
		БД		1	2		4					
Долни молари		Д	1		2	3		1	1			
		МБ		2	2	2	2					
		МЛ		1	2	4		1				

На табела 5 се прикажани резулатите добиени при применета тактилно- сензорната метода кај 7 максиларни и 8 мандибуларни молари. Во оваа група исто така постоеше голема варијабилност и неуедначеност во добиените вредности, која варираше од +1 mm до -6mm.

Таб 5: Дистрибуција на фреквенции при тактилно-сензорна метода на коренски канали кај молари десензibilизирани со витална метода

	Разлика при мерење изразено во mm												
	Од- до	+1,1 + 2	+0, 6+1	+0,1 +0,5	0	-0,1 -0,5	-0,6 -1	-1,1 -2	-2,1 -3	-3,1 -4	-4,1 -5	-5,1 -6	
Горни молари	П		1		2		1	3					
	БМ				1	1		1	3	1			
	БД					1	2	2		1	1		
Долни молари	Д		1	2	1	1	2						1
	МБ		2					1	2	1		1	1
	МЛ		1			1	1	2	1	1	1		

Таб 6. Фреквенција на дистрибуција на растојанието меѓу врвот на инструментот и посакуваната референтна точка n (%) според одонтометристската методата изразена преку број на коренски канали

Растојание во mm	Електронска метода		Тактилно-сензорна метода	
	Горни молари n(%)	Долни молари n(%)	Горни молари n(%)	Долни молари n(%)
> 1,1	1 (3)	3 (5,25)	0 (0)	1 (1,9)
1-0,6	3 (9)	6 (10,5)	4 (11)	6 (11,7)
0,5-0,1	12 (36,5)	11 (19,3)	1 (2,8)	5 (9,8)
0	16 (48,5)	25 (43,8)	6 (16,7)	4 (7,8)
-0,1- -0,5	1 (3)	4 (7)	2 (5,6)	3 (5,8)
0,6- 1	0 (0)	3 (5,25)	5 (13,9)	9 (17,6)
< -1,1	0 (0)	5 (8,8)	18 (50)	23 (45)
вкупно	33 (100%)	57 (100%)	36 (100)	51(100%)

Според електронската метода, нема значајност на разлики во однос на фреквенција на дистрибуција на растојанието меѓу врвот на инструментот и посакуваната референтна точка n (%) помеѓу горните и долните молари. (Табела бр.6 и 6А) Според тактилно-сензорната метода, исто така нема значајност на разлики во однос на фреквенција на дистрибуција на растојанието меѓу врвот на инструментот и посакуваната референтна точка n (%) помеѓу горните и долните молари. (Табела бр.6 и 6А)

Таб 6А. Значајност на разлики помеѓу фреквенција на дистрибуција на растојанието меѓу врвот на инструментот и посакуваната референтна точка п (%) според одонтометристката методата изразена преку број на коренски канали

Растојание во мм	Електронска метода	Тактилно-сензорна метода
	Горни молари / Долни молари	Горни молари / Долни молари
> 1,1	p = 0,6521	p = 0,4079
1-0,6	p = 0,7639	p = 0,9197
0,5-0,1	p = 0,0760	p = 0,2141
0	p = 0,6475	p = 0,2023
-0,1- -0,5	p = 0,4260	p = 0,9685
0,6- 1	p = 0,1841	p = 0,6447
<- 1,1	p = 0,0794	p = 0,6466

Табела 7: Крос табулација за ниво на прецизност на одонтометристките методи

резултат	Електронска метода		Тактилно-сензорна метода	
	горни м. п(%)	долни м. п(%)	горни п(%)	долни м. п(%)
прецизен	16 (48,5)	25 (43,8)	66 (16,7)	4 (7,8)
прифатлив	13 (39,4)	15 (26,3)	3 (8,3)	8 (15,8)
неприфатлив	3 (9)	9 (15,8)	9 (25)	15 (29,4)
груба грешка	1 (3)	8 (14)	18 (50)	24 (47)
вкупно	33 (100%)	57 (100%)	36 (100%)	51(100%)

Прецизен резултат- 0 mm растојание, прифатлив од +0,5 до -0,5mm, неприфатлив од +1 до -1mm, груба грешка >+1,1 и < -1mm.

Доколку како точни определена работна должина ги вброиме мерењата кај кои нема никако одстапување од референтната точка (0), тогаш прецизноста на електронската одонтометристка метода средно изнесува 44%, при што таа е малку поголема кај горните во однос на долните молари (нема значајна разлика во прецизноста на електронската метода помеѓу горните и долните молари (Mann-Whitney U test: Z = - 1,18 p = 0,2383).. Доколку како граница за точност ја земеме разликата од + 0,5mm до -0,5mm ($\pm 0,5$ mm), што претставува сосема

прифатливо отстапување во клинички услови тогаш прецизноста изнесува 79%. односно, постои значајна разлика во однос на прецизноста на електронската метода помеѓу горните и долните молари – методот е попрецизен во однос на горните молари (Fisher exact test: $p = 0,0458$). (Таб.7)

Грешките (12-15%) кои се случуваат при електронското одредување беа во правец на превисоко одредена референтна точка (overestimation).

Во групата на тактилно-сензитивна метода доколку се бара прецизност без никакво отстапување, тогаш тоа е постигнато само кај 12,25% од случаите, при што нема значајна разлика во однос на прецизноста на методата помеѓу горните и долните молари (Mann-Whitney U test: $Z = -0,041 p = 0,9667$). Доколку границата ја прошириме до клинички прифатливото ниво точноста се зголемува на 24,8%. но сепак непостои значајна разлика во однос на прецизноста на тактилно-сензитивната метода помеѓу горните и долните молари (Pearson - ov χ^2 test: $\chi^2 = 0,02 df = 1 p = 0,8753$). (Таб.7)

Грешките кај тактилно – сензорната метода се во правец на прерано „чувствување“ на апикалното стеснување, што доведе до голем број прекусо одредени работни должини (underestimation).

Според анализата на варијанса, постои значајна разлика во однос на прецизноста помеѓу двете методи, односно, електронската метода е значајно попрецизна во однос на тактилно-сензитивната метода (Kruskall-Wallis test: $H = 48,22 p = 0,00001$). (Таб.7)

И кај морталната и кај виталната екстирпација има значајност на разлики во однос на фреквенцијата на дистрибуцијата на растојанието меѓу врвот на инструментот и посакуваната референтна точка n (%) помеѓу електронската и тактилната метода. (Табела бр.8 и 8А)

Таб 8. Фреквенција на дистрибуција на растојанието меѓу врвот на инструментот и посакуваната референтна точка п (%) според методата на девитализација изразена преку број на коренски канали

Растојание во mm	Мортална екстирпација		Витална екстирпација	
	електронска	тактилна	електронска	тактилна
> 1,1	2 (4,4%)	1(2,4%)	2 (4,4%)	0 (0%)
1-0,6	5 (11,1%)	5 (11,9%)	4 (8,9%)	5 (11,1%)
0,5-0,1	9 (20%)	3 (7,1%)	14 (31%)	3(6,7%)
0	21 (46,7%)	5 (11,9%)	20 (44,4%)	5 (11,1%)
-0,1- -0,5	3(6,7%)	1 (2,4%)	2 (4,4%)	4 (8,9%)
0,6- 1	1 (2,2%)	6(14,3%)	2 (4,4%)	8 (17,8%)
< -1,1	4 (8,9%)	21(50%)	1 (2,2%)	20 (44,4%)
вкупно	45(100%)	42(100%)	45(100%)	45(100%)

Таб 8А. Значајност на разлики помеѓу фреквенција на дистрибуција на растојанието меѓу врвот на инструментот и посакуваната референтна точка п (%) според методата на девитализација изразена преку број на коренски канали

Растојание во mm	Мортална екстирпација		Витална екстирпација	
	електронска / тактилна	електронска / тактилна	електронска / тактилна	електронска / тактилна
> 1,1	p = 0,5883		p = 0,0894	
1-0,6	p = 0,9072		p = 0,7526	
0,5-0,1	p = 0,0409*		p = 0,0023*	
0	p = 0,0003*		p = 0,0003*	
-0,1- -0,5	p = 0,1342		p = 0,1693	
0,6- 1	p = 0,0399*		p = 0,0366*	
< -1,1	p = 0,0001*		p = 0,00001*	

*статистички значајна разлика

Табела 9: Крос табулација за ниво на прецизност на двете методи на екстирпација

результат	Мортална екстирпација		Витална екстирпација	
	електронска	тактилна	електронска	тактилна
прецизен	21 (46,7%)	5(11,9%)	20 (44,4%)	5 (11,1%)
прифатлив	12(26,7%)	4 (9,5%)	16 (35,5%)	7 (16,7%)
неприфатлив	6 (13,3%)	11(26,2%)	6 (13,3%)	13(28,9%)
груба грешка	6 (13,3%)	22 (52,3%)	3(6,7%)	20 (44,4%)
вкупно	45(100%)	42(100%)	45(100%)	45(100%)

Прецизен резултат- о тм растојание, прифатлив од +0,5 до -0,5mm, неприфатлив од +1 до -1mm, груба грешка >+1,1 и <-1mm.

Од табелите 8, 8а и 9 може да се забележи дека добиените резултати за разликите помеѓу двета начина за десензибилизација се следни: доколку како точни определена работна должина ги вброиме мерењата кај кои нема никакво одстапување од референтната точка (o), тогаш прецизноста кај морталната екстирпација средно изнесува 29,3%, при што таа е многу поголема кај електронската во однос на тактилно-сензорната метода (46,7% : 11,9%). Анализата покажа дека има значајна разлика во однос на прецизноста кај морталната екстирпација помеѓу електронската и тактилно-сензорната метода (Mann-Whitney U test: Z = - 4,94 p = 0,00001).

Доколку како граница за точност се земе разликата од + 0,5mm до -0,5mm, односно до прифатливо отстапување во клинички услови тогаш прецизностаточноста изнесува 47,4%, (електронска – тактилна 73,4%: 21,4%) односно, постои многу значајна разлика во прецизноста помеѓу електронската и тактилно-сензорната метода (Pearson - ov χ^2 test: χ^2 = 27,0 df = 1 p = 0,000001). (Табела 9)

Мерењата кај забите подложени на витална екстирпација покажаа дека групата на тактилно-сензитивна метода доколку се бара прецизност без никакво отстапување , тогаш тоа е постигнато само кај 27,8%, од случаите. Според анализата, има значајна разлика во однос на прецизноста кај виталната екстирпација помеѓу електронската и тактилно-сензорната метода (Mann-Whitney U test: Z = - 5,25 p =

0,000001). Доколку границата ја прошириме до клинички прифатливото ниво точноста се зголемува на 53,3%, односно, постои многу значајна разлика во прецизноста помеѓу електронската и тактилно-сензорната метода (Pearson - ov χ^2 test: $\chi^2 = 27,0$ df = 1 p = 0,000001) – електронската е значајно попрецизна. (Табела 9)

Според анализата на варијанса, непостои значајна разлика помеѓу двета начини за десензибилизација - морталната и виталната екстирпација, во однос од тоа дали е направена морталната или виталната екстирпација, резултатите од мерењата се многу слични процентуално и значајно попрецизни со електронската метода. (Табела 9)

Таб 10. Фреквенција на дистрибуција на растојанието меѓу врвот на инструментот и посакуваната референтна точка n (%) според корените на забите одредувана со електронска метода

Растојание во мм	Електронска метода					
	Коренски канали на максиларни молари			Коренски канали на мандибуларни молари		
	П n(%)	БМ n(%)	БД n(%)	Д n(%)	МБ n(%)	МЛ n(%)
> 1,1	0	1 (9,1)	0	2 (10,5)	0	1 (5,2)
1-0,6	1 (9,1)	0	2 (18,2)	0	2 (10,5)	4 (21)
0,5-0,1	1 (9,1)	8 (72,7)	3 (27,2)	4 (21)	3 (15,8)	4 (21)
0	8 (72,7)	2 (18,2)	6 (54,5)	11 (57,9)	7 (36,8)	8 (42,1)
-0,1--0,5	1 (9,1)	0	0	0	3 (15,8)	1 (5,2)
0,6- 1	0	0	0	1 (5,2)	1 (5,2)	1 (5,2)
<- 1,1	0	0	0	1 (5,2)	3 (15,8)	0
вкупно	11(100)	11(100)	11(100)	19(100)	19(100)	19(100)

Табела 11. Крос табулација за ниво на прецизност на одонтометристката метода во однос на каналите

резултат	Коренски канали на максиларни молари			Коренски канали на мандибуларни молари		
	П n(%)	БМ n(%)	БД n(%)	Д n(%)	МБ n(%)	МЛ n(%)
прецизен	8 (72,7)	2 (18,2)	6 (54,5)	11 (57,9)	7 (36,8)	8 (42,1)
прифатлив	2 (18,2)	8 (72,7)	3 (27,2)	4 (21)	6 (31,6%)	5 (26,3)
неприфатлив	1 (9,1)	0	2 (18,2)	1 (5,2)	3 (15,8)	5 (26,3)
груба грешка	0	1 (9,1)	0	3 (15,8)	3 (15,8)	1 (5,2)
вкупно	11(100)	11(100)	11(100)	19(100)	19(100)	19(100)

Анализата на варијанса покажа дека постои значајна разлика во однос на мерењето на коренските канали на максиларните молари (П, БМ и БД) со електронската метода (Kruskall-Wallis test: $H = 5,79 \quad p = 0,0448$). (Табела бр. 10 и 11)

Разликата е значајна помеѓу палатиналните и букомезијалните коренските канали на максиларните молари (Mann-Whitney U test: $Z = -2,01 \quad p = 0,0452$).

Помеѓу мерењата на палатиналните и букодисталните ($Z = -0,75 \quad p = 0,4501$), како и помеѓу букомезијалните и букодисталните ($Z = 1,19 \quad p = 0,2337$) коренските канали на максиларните молари со електронската метода нема значајни разлики. (Таб. 10 и 11)

Во однос на мерењето на коренските канали на мандибуларните молари (Д, МБ и МЛ) со електронската метода анализата на варијанса покажа дека непостои значајна разлика (Kruskall-Wallis test: $H = 1,26 \quad p = 0,5334$). (Табела 10 и 11)

Разликата помеѓу дисталните и мезиобукалните коренски канали на мандибуларните молари не е значајна (Mann-Whitney U test: $Z = -1,02 \quad p = 0,3068$). Помеѓу мерењата на дисталните и мезиолонгвиналните ($Z = -0,68 \quad p = 0,4926$), како и помеѓу мезиобукалните и мезиолингвиналните ($Z = 0,36 \quad p = 0,7151$) коренските канали на мандибуларните молари со електронската метода нема значајни разлики. (Таб. 10 и 11)

Со електронската метода, мерењата на коренските канали на максиларните молари (П, БМ и БД) во 87,9% се прецизни и прифатливи. Мерењето на коренските канали на мандибуларните молари (Д, МБ и МЛ) се прецизни и прифатливи во 71,9% од мерењата. Нема значајни разлики во однос на прецизноста на мерењата на максиларните и мандибуларните коренски канали со електронската метода (Fisher exact test: $p = 0,0651$)

Анализата на варијанса покажа дека непостои значајна разлика во однос на мерењето на коренските канали на максиларните молари (П, БМ и БД) со тактилно-сензорната метода (Kruskall-Wallis test: $H = 0,42$

$p = 0,8101$). Тоа значи дека помеѓу палатиналните и букомезијалните, палатиналните и букоисталните, како и помеѓу букомезијалните и букоисталните коренските канали на максиларните молари, со тактилно-сензорната метода не се регистрираат значајни разлики. (Табела бр. 12 и 13)

Таб 12. Фреквенција на дистрибуција на растојанието меѓу врвот на инструментот и посакуваната референтна точка n (%) според корените на забите одредувана со тактилно-сензорна метода

Растојание во mm	Тактилно – сензорна метода					
	Коренски канали на максиларни молари			Коренски канали на мандибуларни молари		
	П n(%)	БМ n(%)	БД n(%)	Д n(%)	МБ n(%)	МЛ n(%)
> 1,1	0	0	0	1 (5,9)	0	0
1-0,6	3 (25)	0	0	2 (11,8)	2 (11,8)	2 (11,8)
0,5-0,1	0	1 (8,3)	1 (8,3)	4 (23,5)	1 (5,9)	0
0	3 (25)	2 (16,7)	1 (8,3)	3 (17,6)	1 (5,9)	0
-0,1- -0,5	0	0	2 (16,7)	2 (11,8)	0	1 (5,9)
0,6- 1	1 (8,3)	2 (16,7)	22 (67)	2 (11,8)	3 (17,6)	4 (23,5)
< -1,1	5 (41,7)	7 (58,3)	6 (50)	3 (17,6)	10 (58,8)	10 (58,8)
вкупно	12 (100)	12 (100)	12 (100)	17(100)	17(100)	17(100)

Табела 13. Крос табулација за ниво на прецизност на тактилно-сензорната метода во однос на каналите

резултат	Коренски канали на максиларни молари			Коренски канали на мандибуларни молари		
	П n(%)	БМ n(%)	БД n(%)	Д n(%)	МБ n(%)	МЛ n(%)
прецизен	3 (25)	2 (16,7%)	1 (8,3)	3 (17,6)	1 (5,9)	0
прифатлив	0	1 (8,3)	3 (25)	6 (35,3)	1 (5,9)	1 (5,9)
неприфатлив	4 (33,3)	2 (16,7)	2 (26,7)	4 (23,5)	5 (29,4)	6 (35,3)
груба грешка	5 (41,7%)	7 (58,3)	6 (50%)	4 (23,5)	10 (58,8)	10 (58,8)
вкупно	12 (100)	12 (100)	12 (100)	17(100)	17(100)	17(100)

Прецизен резултат- о тм растојание, прифатлив од +0,5 до -0,5mm, неприфатлив од +1 до -1mm, груба грешка >+1,1 и < -1mm.

Во однос на мерењето на коренските канали на мандибуларните молари (Д, МБ и МЛ) со тактилно-сензорната метода, анализата на варијанса покажа дека постои значајна статистичка разлика (Kruskall-Wallis test: $H = 9,80$ $p = 0,0074$). (Табела 12 и 13)

Разликата помеѓу мезиобукалните и мезиолингвиналните коренски канали на мандибуларните молари не е значајна (Mann-Whitney U test: $Z = -0,137$ $p = 0,8904$). Помеѓу мерењата на дисталните и мезиобукалните ($Z = -2,34$ $p = 0,0191$), како и помеѓу дисталните и мезиолингвиналните ($Z = -2,81$ $p = 0,0076$) коренските канали на мандибуларните молари, со тактилно-сензорната метода има значајни разлики. (Таб. 12 и 13)

Со тактилно-сензорната метода, мерењата на коренските канали на максиларните молари (П, БМ и БД) се прецизни и прифатливи просечно само кај 28% од случаите. Мерењето на коренските канали на мандибуларните молари (Д, МБ и МЛ) се прецизни и прифатливи во 23% од мерењата. Нема значајни разлики во однос на прецизноста на мерењата на максиларните и мандибуларните коренски канали со тактилно-сензорната метода (Pearson - ov χ^2 test: $\chi^2 = 0,20$ $df = 1$ $p = 0,6534$).

ин витро испитување

Резултатите прикажани на табелите 14 и 15 ја претставуваат фреквенција на дистрибуција на растојанието меѓу врвот на инструментот и посакуваната референтна точка н (%) добиена со трите испитувани методи: електронската, рендгенолошката и тактилно-сензорната.

Најточна одонтометрија се постигна со електрометристката метода. Прецизно определување на должината до посакуваното нулто ниво беше постигнато кај 4 случаи, а кај дополнителни 5 отстапувањето беше до $\pm 0,5$ mm (прифатлива прцизност) што значи дека успешноста во ин витро испитувањето кај еднокоренските заби работната должина со помош на апекс локатор изнесува 90% (Табела 15). И во овој дел од испитувањето прифатливите грешки беа во правец на превисоко одредена работна должина, но која изнесуваше максимално 0,5mm. Кај рендгенолошката метода точни резултати со толеранција до $\pm 0,5$ mm се

добија во 80% од испитаните примероци, при што еднаков беше бројот на превисоко и прениско одредените должини. Прецизноста на тактилно-сензорната метода и кај еднокорените заби беше мала и изнесуваше 40%, при што во оваа група иако имаше еден случај на превисоко одредена референтна точка, кај останатите примероци инструментот беше покусо поставен. Во оваа група резултатите беа многу невоедначени.

Помеѓу резултатите за фреквенција на дистрибуција на растојанието меѓу врвот на инструментот и посакуваната референтна точка n (%) добиена со електронската и рендгенолошката метода непостои статистички значајна разлика ($p = 0,5390$). Помеѓу резултатите од одонтометријата добиена со електронската и тактилно-сензорната ($p = 0,0154$), како и помеѓу рендгенолошката и тактилно-сензорната метода ($p = 0,0343$) постојат статистички значајни разлики. (Табела број 14 и 15)

Табела 14. Фреквенција на дистрибуција на растојанието меѓу врвот на инструментот и посакуваната референтна точка n (%) добиена со трите испитувани методи

Растојание во mm	електронска метода	рендгенолошка метода	тактилно-сензорна метода
> 1,1			1
1-0,6	1		
0,5-0,1	4	2	2
0	4	4	2
-0,1- -0,5	1	2	
0,6- 1		1	2
- 1,1 -2		1	1
-2,1-3			2
вкупно	10	10	10

Од претходната табела може да се види дека најчесто среќувањето е во формата кога врвот на инструментот и посакуваната референтна точка имаат растојание од 0 до 0,5 mm. Најчесто среќувањето на врвот на инструментот и посакуваната референтна точка да имаат растојание од 0,5 до 1,0 mm. Најмалку случајот кога врвот на инструментот и посакуваната референтна точка имаат растојание поголемо од 1,0 mm.

Табела 15. Крос табулација за ниво на прецизност на трите испитувани одонтометрички методи

результат	електронска метода	рендгенолошка метода	тактилно-сензорна метода
Прецизен	4	4	2
прифатлив	5	4	2
Грешка	1	1	2
Груба грешка	0	1	4
вкупно	10	10	10

Резултатите кои даваат увид во колкава мерка рендгенографската снимка е вистински показател на структурите во апикалниот дел, односно колку врвот на инструментот за кој имаме рендгенолошки податок за неговата локација е близу до апикалното стеснување (физиолошкиот апикален отвор) се прикажани на Таб 16, 17 и 18. Овие резултати ги измеривме по отварање на коренскиот канал во апикалниот дел. Кај сите испитувани примероци беа јасно видливи апикалниот отвор и апикалното стеснување.

Табела 16. Растојание од врвот на инструментот до физиолошкиот форамен кај трите испитувани методи

Растојание во mm	електронска метода	рендгенолошка метода	тактилно-сензорна метода
г) >1			1
в) 1 до 0,6	1	2	
(б) 0,5 до 0,1	2	3	1
(а) 0	7	3	2
б) 0 до - 0,5			1
в) - 0,6 до - 1		2	1
г) > -1			4
вкупно	10	10	10

Од приложената табела може да се забележи дека апикалното стеснување не е точно секогаш на 1mm. оддалеченост од апикалниот форамен дури и кај еднокорените заби со едноставна анатомија. Во нашето испитување кога инструментот го поставувавме на растојание од 1 mm под радиолошкиот апекс, во 40% врвот на инструментот се наоѓаше токму на апикалното стеснување.

На Табела 17, 18 и 19 разликата помеѓу рендгенолошкиот наод и директната визуализација на апикалниот дел е прикажан поединечно за секоја група каде беше применета различна одонтометрија. Кај 90% од примероците со електронски одредените работни должини, и кај 60% од рендгенолошки одредените, разликата меѓу врвот на ендодонтскиот инструмент и апикалното стеснување беше во границата на ± 0.5 mm. Само кај 40% од примероците од тактилно-сензорната група постоеше такво совпаѓање.

Помеѓу резултатите за фреквенција на дистрибуција на растојанието од врвот на инструментот до физиолошкиот форамен добиена со електронската и рендгенолошката метода непостои статистички значајна разлика ($p = 0,0694$). Помеѓу резултатите добиени со електронската и тактилно-сензорната метода разликите се статистички значајни ($p = 0,0154$). Помеѓу рендгенолошката и тактилно-сензорната метода ($p = 0,1914$) според анализата непостојат статистички значајни разлики. (Табела број 16, 17 и 18)

Може да се забележи дека кај сите испитани примероци постоеше донекаде повисока поставеност на врвот на инструментот во однос на стеснувањето, отколку што изгледаше на рендгенографската снимка.

Таб 17. Електронско мерење според ртг снимка и директна визуализација

Од-до	> 1,1	1 0,6	0,5 0,1	0	-0,1 -0,5	-0,6 -1	-1,1 -2	-2,1 -3
Според ртг	1	4	4	1	1			
визуализација	1	2	7					

Таб 18. рентгенографско мерење според ртг снимка и директна визуализација

Од -до	> 1,1	1 0,6	0,5 0,1	0	-0,1 -0,5	-0,6 -1	-1,1 -2	-2,1 -3
Според ртг		2	4	2	1	1		
визуализација	2	3	3		2			

Таб 19. Тактилно -сензорно мерење според ртг снимка и директна визуализација

	> 1,1	1 0,6	0,5 0,1	0	-0,1 - 0,5	-0,6 -1	- 1,1 -2	- 2,1 -3
Според ртг	1		2	2		2	1	2
визуализација	1		1	2	1	1	3	1

ДИСКУСИЈА

Точно определената работна должина е од клучно значење и има големо влијание за успехот на ендодонтската терапија^{19,35}. Испитувањата покажуваат дека целата ендодонтска обработка и полнење треба да завршат 1 до 2mm под радиографскиот апекс, бидејќи секое отстапување од ова правило неминовно води до неуспех на ендодонтската терапија. Burke и сор.¹⁰⁸ според своето петогодишно следење на исходот од ендодонтската терапија проценувано преку состојбата на апикалниот пародонт, потврдуваат дека за успехот на терапијата најважна е правилно определената работна должина до која коренскиот канал е наполнет¹⁰⁸. За Khan и сор.¹⁰⁹ недоволно наполнетите канали во 34.7% од испитаните случаи биле причина за појава на апикален пародонтитис, но не и преполнувањето кое не било толку често (5.3%). Прекратко наполнетите канали се главна причина за неуспех и според испитувањето на Akbar¹¹⁰, кој исто така успехот на терапијата го следел на различни групи заби. Во испитување направено во Белгија¹¹¹ кај 40,4 % од ендодонтски третираните заби постоела периапикална лезија. Кај повеќе од половината од нив (56.7%) причината била неправилната вертикална димензија на полнењето (преполнети и недополнети), но и некомпактно полнење.

За определувањето на работната должина постојат бројни методи, а за степенот на нивната успешност сеуште постојат многу мислења, дилеми и конфронтации. Во нашето клиничко испитување ние се одлучивме за електронската и тактилно-сензорната метода, која спаѓа во најнепопуларните методи за одонтометрија. Иако според литературните податоци и препораките од здруженијата на ендодонтите¹¹² таа метода треба да се избегнува да се користи, сепак нејзината примена е сеуште честа, како во нашата земја, така и во светот. Во епидемиолошкото испитување на Avan¹¹³ за вообичаената терапија која ја применуваат општите стоматолози, во однос на

одонтометријата 17.4% од испитаниците одговориле дека ја користат тактилно сензорната метода. Jenkins и сор.¹¹⁴ испитувале каков канален третман спроведуваат стоматолозите во Велика Британија и заклучиле дека голем број од стоматолозите не ги следат иновациите во пракса (само половината од нив користат кофердам, 89% должината ја одредуваат рендгенграфски или со апекс локатори, но 11% ја применуваат тактилно-сензорната метода). Испитувања од овој тип во нашата земја не се направени, но искуството покажува дека оваа метода е широко применувана. За електронската метода се решивме, бидејќи таа станува се повеќе препорачувана метода со која на лесен, точен и брз начин лесно се определува работната должина. Во нашето испитување електронското мерење го изведувавме со iPex (NSK, Tokyo, Japan) апекс локатор од четврта генерација кој автоматски ја селектира најдобрата можна комбинација од фреквенции според клиничката состојба во коренскиот канал преку симултано мерење на резистенцијата и со тоа точно ја одредува местоположбата на врвот на инструментот во каналот⁷⁵.

Постоеше дилема како да ја процениме прецизноста на нашата работа. Процената на успешноста на двете посочени методи ја правевме врз база на сликата добиена со радиографија, која ја снимавме по одредувањето на работната должина соозначена со поставени ендодонтските инструменти во коренскиот канал. Најголемиот број на испитувања се правени на заби каде одредувањето е на пациенти, по што тие заби ги екстракираат. Ваквиот начин на работа беше потешко применлив, а исто така важно ни беше третираните заби да ги сочуваме. Опцијата да се проценува работната должина према оптурацијата на коренските канали исто така има свои недостатоци, бидејќи полнењето не е секогаш истоветно со одредената работна должина, должината до која се правела обработката на каналите и полнењето, бидејќи тоа се фази каде секогаш може да се јават јатрогени грешки. Радиографската метода за процена на добиените резултати не е совршена метода и има свои недостатоци, меѓу другото поради дводимензионалниот приказ на анатомијата, неможност да се видат јасно апикалниот отвор и

апикалното стеснување, но тоа сепак е клинички единствениот метод според кој визуелно можеме да ја одредиме успешноста^{41, 84}. Најголемиот број автори отстапувањата кои се најмногу до $\pm 0,5$ mm ги вбројуваат во прецизни мерења, иако има и автори кои оваа граница ја прошируваат на ± 1 mm. Ние во нашето испитување ја прифативме првата величина, односно отстапувањето до $\pm 0,5$ mm го сметавме за клинички прифатлив резултат. Ова отстапување се смета за прифатливо поради разликите во локацијата на апикалното стеснување⁴.

Резултатите од нашето спроведено истражување покажуваат дека степенот на успешно одредување на работната должина со електронската метода изнесуваше 79% кога за точен резултат го сметаме отстапувањето од ± 0.5 mm. Добиените вредности на iPex се во согласност со добиените резултати во *in vitro* испитувањето на de Vasconcelos и сор⁷⁵ кои добиваат 76.3% прецизност доколку како референтна точка ја одредува точката 1 mm под апикалниот отвор, но доколку како референтна точка се смета дека е апикалниот форамен, тогаш прецизноста се качувала на 97.4%. Слични резултати во своите испитувања добиваат Chirila¹¹⁵ и Camargo¹¹⁶. Според резултатите од испитувањето на Paludo и сор.⁷¹ прцизност во одредувањето на апикалното стеснување се постигнало во 82% од испитаните случаи. Овие податоци јасно покажуваат дека точноста на iPex се зголемува кога врвот на инструментот се приближува кон апексот на забот¹¹⁷.

Иако процентот на успешност е голем, сепак ниту апекс локаторите не постигнуваат прецизност од 100%. Како што се гледа од резултатите од нашето испитување при работата со iPex грешките беа во правец на превисоко одредена работна должина, односно постоеше тенденција за сигнализирање кога инструментот доаѓа во допир со апикалниот форамен, а не до посакуваното апикално стеснување, што е во согласност и со претходните испитувања¹⁰¹. Кај трајните заби со завршен раст на корен за да се постигне поголема точност, но и да се избегне превисоката обработка, пожелно е инструментот да се повлече назад за 0,5mm^{117, 118} како фактор на сигурност кога апекс локаторот ќе сигнализира дека се наоѓа на 0,5mm од апикалниот формамен. Нашите

резултати се во спротивност со испитувањето на Karami Nogorani¹¹⁹ кој вршел испитување на млечни молари каде постои ресорпција на корените. Во неговата студија постоела тенденција за прерано сигнализирање, односно прекратко одредена работна должина, што за млечните молари претставува и предност. Причината за ваквиот спротивен резултат се најверојатно широката комуникација меѓу коренскиот канал и периапикалното ткиво кај млечните заби со понапредната физиолошка ресорпција.

Нашето испитувањеза прецизноста на тактилно-сензорната метода покажаа поразителни резултати. Точно позиционирање на посакуваната точка беше постигнато само кај 12,25% од случаите, а доколку границата ја прошириме до клинички прифатливото ниво (до \pm 0,5 mm) точноста се зголемуваше на 24,8%. Грешките кај тактилно – сензорната метода беа со тенденција за прерано „чувствување“ на апикалното стеснување, што доведе до голем број прекусо одредени работни должини. Иако во литературата може да се сртне податокот дека тактилно-сензорната метода може да постине прецизност и во 60% од случаите⁴⁷, тоа е сепак можно кај заби со прави корени. Ние испитувањето го правевме на постериорни заби, каде комплицираната морфологија, како што се кривите корени, тесните канали и рамификациите му даваат на секој молар сопствен индивидуален коренски канален систем. Исто така поставеноста на моларите во задните делови на забните лаци ја усложнуваат постапката на лекување.

Точното одредување на работната должина зависи и од типот на забот, па кај антериорни точно одредување било постигнато во 94% од испитуваните примеоци, кај премоларите во 88%, и 84% кај моларите што е сигнификантна разлика⁴⁴. Одредувањето на работната должина е секогаш многу полесно и дава поточни резултати кај антериорните заби, бидејќи степенот на девијација на апикалниот формен е обично многу помало отколку кај постериорните⁴¹. Според испитувањето на ElAyouti⁴² можноста за поминување на инструментите преку апексот кај премоларите изнесува 51%, а кај моларите 22%.

И во испитувањето на Lu Tang⁴⁴ се покажа дека комплицираната морфологија има сигнификантно значење при одредувањето на работната должина (процентот на успех бил 93,43% кај антериорните наспроти 84,43% кај постериорните).

Во испитувањето ја одредувавме и точноста на двете одонтометриски методи во однос на секој коренски канал поединечно. Во групата на максиларни молари најточни резултати на работната должина мерена со електронската метода се добија при мерење на палатиналниот коренски канал, следеше буко-дисталниот, а најмалку прецизни беа кај букомезијалниот канал во категоријата прифатлива прецизност (± 0.5 mm). Нашите резултати се совпаѓаат со оние на ElAyouti и соп⁴². Со електронската метода разликата меѓу прецизноста кај трите канали не беше сигнификантна, иако % на успех беше најголем кај дисталниот канал.

Постигнатата прецизност кај електронската метода варираше од 68,4% (мезијалните корени на долните молари) до 90,9% кај палатиналниот коренски канал на горните молари., што се совпаѓа со резултатите на ElAyouti и соп.⁸⁴ и Sadaf¹²⁰.

Постигнатата прецизност на максиларните во однос на мандибуларните заби беше поголема, како што е прикажано и во резултатите на Akbar¹¹⁰. Со електронската метода, мерењата на коренските канали на максиларните молари (П, БМ и БД) во 87,9% се прецизни и прифатливи. Мерењето на коренските канали на мандибуларните молари (Д, МБ и МЛ) се прецизни и прифатливи во 71,9% од мерењата, но оваа разлика не беше статистички значајна.

Со тактилно-сензорната метода, мерењата на коренските канали на максиларните молари (П, БМ и БД) се прецизни и прифатливи просечно само кај 28% од случаите. Мерењето на коренските канали на мандибуларните молари (Д, МБ и МЛ) се прецизни и прифатливи во 23% од мерењата. Нема значајни разлики во однос на прецизноста на мерењата на максиларните и мандибуларните коренски канали со тактилно-сензорната метода.

Анализата на податоците за секој коренски канал поединечно покажа дека само кај мандибуларниот дистален канал се детектираа многу поточни резултати во однос на мезијалните канали, што претставува сигнификантна разлика. Разликата не беше сигнификантна меѓу точно определената работна должина на коренски канали во максилата, односно должината кај сите три канала беше со приближно еднаков степен на точност.

Добиените резултати од мерењето и со двете одонтометриски методи покажаа дека најпрецизни одредувања добивме кај правите канали (палатиналниот и дисталниот во однос на букалните кај горните и мезијалните кај долните молари). Објаснувањето за овој резултат веројатно треба да се бара во податокот дека апекс локаторите покажуваат многу поголема точност кај први и широки коренски канали⁵⁵.

Испитување направивме и во однос на начинот на работа (витална или мортална екстирпација на пулпата), при примена на двете одонтометриски методи. Резултатите покажаа дека непостои значајна разлика помеѓу двата начина за десензибилизација - морталната и виталната екстирпација, зошто резултатите од мерењата се процентуално многу слични. Но, анализата покажа дека има значајна разлика во однос на прецизноста кај двата начини на екстирпација помеѓу електронската и тактилно-сензорната метода, што значи дека отгатоците од пулпата и крвта во каналот не влијаат на точноста на мерењето на апекс локаторот, ниту при тактилната метода кај моларните заби нема разлика во чувствувањето на апикалното стеснување. До сличен резултат доаѓаат и Goldberg¹²¹ и Mayeda⁷⁷ со соработниците, кои освен потврдата дека прецизноста во одредувањето на работната должина не зависи од состојбата на пулпата. Smadi и сор⁸² со цел да одредат дали статусот на пулпата влијае врз резултатите на ЕАЛ, преку рендгенграфска снимка го проценува протегањето кај витални и авитални заби, при што не наоѓаат сигнификантна разлика. Единствено во испитувањето на Galić и сор.¹²² може да се забележи разлика во точноста на мерење кај клинички случаи, каде најточни

резултати добиле при морталната екстирпација (98%), малку помала кај виталната (92%), а доколку забот бил гангренозен точноста била меѓу двете вредности.

На точните и репродуцибилни резултати на ЕАЛ, освен статусот на пулпата исто така не влијае чувствителноста на перкусијата на забот. Но, при споредба на одонтометријата направена со ЕАЛ, кај симптоматските случаи апаратот дава варијабилни (недоследни) исчитувања во споредба со асимптоматските. Овој наод беше сличен со оној на ElAyouti⁴² кој исто така добивал недоследни исчитувања при иреверзибilen пулпитис.

Во вториот дел од нашето ин витро испитување освен електронската и тактилно сензорната метода ја вклучивме и рендгенолошката одонтометриска метода, бидејќи се смета сеуште за „златен стандард“ според кои се проценуваат сите останати методи и поради тоа што таа е сепак најупотребувана метода за одредување на работната должина во светот. За разлика од првиот дел, односно клиничкото испитување, во овој дел употребивме екстрактирани единокоренски заби со прави корени.

Обично направените испитувања на работната должина кај *in vitro* испитувањата се проблематични, бидејќи недостасува апикалниот периодонциум. За да се симулираат клиничките услови се предложени повеќе експериментални модели, кои предлагаат различни медиуми во кои треба да се постават екстрактирите заби, како на пр. алгинат, агар, физолошки раствор или желатин. Но доколку е потребно да се испита работата на електричните апекс локатори, кои работат на принцип на електрицитет, поголемо значење има спроводливоста на медиумот отколку неговите биолошките особини. Најдобро е материјалот кој ќе се употреби за таа цел да пружи ист електричен отпор како и периодонталниот лигамент за да се добијат прецизни податоци при мерењето¹²³. Алгинатот има колоидална конзистенција, со што е добар симулатор на периодонциумот, достапен е и лесен е за подготовка. Меѓу нив алгинатот, што го користевме и ние во нашето испитување најдобро ја имитира електричната импеданса на хуманиот периодонциум

(Kaufman et al⁷²). Мерењата ги правевме во што е можно пократок период, за да бидеме сигурни дека алгинатот е доволно влажен.

Во првиот дел од ова испитување, точноста на методите ја проценувавме според направената рендгенографска снимка по истиот принцип како и кај клиничкото испитување. Добиените резултати се покажаа дека најточно одредување на работната должина се постигна со електрометриската метода, каде точно определување беше постигнато во 90% од испитаните примероци, доколку толерираното отстапување беше до $\pm 0.5\text{mm}$. Нашите резултати беа во согласност со оние на Puri⁸⁸, Nelson-Filho¹⁰¹ и Paludo⁷¹ и Shanmugaraj⁴⁶ при користење на истата методологија.

Радиографската метода е најчесто и најдолго употребувана метода, а ние ја вклучивме во оваа група а не во клиничкиот дел, за да го избегнеме повеќекратното изложување на рендген зраците врз пациентите. Во однос на рендгенографската метода, ја применивме методата по Ingle, која дава најточни резултати^{15,68}. Точни резултати беа измерени во 80% од испитаните примероци, но која статистички не се разликуваше од електронската, што се совпаѓа со резултатите на Kqiku и сор.⁶⁹ Тактилно-сензорната метода повторно докажа дека е најнесигурната метода за одредување на работната должина, при што разликата меѓу неа и сотанатите две методи беше статистички значајна.

Втората цел во нашето ин витро испитување беше да одредиме дали нашата претпоставена референтна точка одговара на апикалното стеснување. Тоа го утврдувавме со мерење на растојанието за кое врвот на инструментот во каналот отстојуваше од апикалното стеснување, откако неговата позиција беше одредена со една од испитуваните методи. Нашите резултати покажаа дека меѓу овие три групи, електронскиот апекс локатор ја покажува најточната позиција на апикалната референтна точка при одредувањето на работната должина во ендодонцијата. Према резултатите на Vieyra⁵⁸ доколку врвот на инструментот се постави на точно 1mm од радиографскиот апекс, само кај 32 % од каналите ќе биде позициониран на самото апикално стеснување, додека се останато ќе биде меѓу двата апекса (анатомскиот и физиолошкиот). Едно друго испитување¹²⁴ покажува дека апикалното

стеснување е прецизно одредено кај 43% од забите. Тоа го објаснуваат со правилната конфигурација на екстрахираните заби. Некои автори пак покажуваат многу мало совпаѓање на апикалносто стеснување со врвот на инструментот, кое изнесува само кај 15-18% од забите^{57, 24}. Како што е спомнато и претходно, апикалното стеснување е идеалната точка до која треба да биде работната должина. Но исто така познато е дека апекс локаторите може со голема сигурност да го одредат апикалниот форамен и точките меѓу отворот и апикалното стеснување, но со нив не може да се одреди со сигурност стеснувањето.

Според добиените резултати може да се заклучи дека и кај двете методи (електронската и радиографската) инструментот е поставен малку повисоко, отколку што се следи на рендгенграфската снимка, но тоа не е толку нагласено како во испитувањето на Alothmani⁵⁵, кој покажал дека кај 28.5% од случаите инструментот ја надминувал должината на каналот и покрај прифатливиот изглед на снимката. До слични заклучоци како нашите доаѓаат и Shanmugaraj⁴⁶ и Ravanshad¹²⁵ со сор. Од погоре изнесеното може да се заклучи дека рендгенолошката снимка треба да се смета сепак за релативна, бидејќи на неа може да се види само релативната позиција на инструментот во однос на коренот и радиографскиот врв на коренот. Најчесто локацијата на врвот на ендодонтскиот инструмент која изгледа дека е прениско одредена е во поправилна позиција во однос на референтната точка^{41, 43}, а доколу изгледа повисоко поставена, тоа значи дека е навистина повисоко и е подалеку од посакуваната референтна точка.

Сепак, секогаш треба да се има предвид дека рендгенграфиите ни го покажуваат она што со електронските апекс локатори не може да се види, а и обратно, предностите и можностите на апекс локаторите се многу подобри од рендгенграфите. Тоа значи дека безпредметна е конфронтацијата за најдобриот начин на одредување на работната должина. Со комбинацијата на двете методи се постигнува најголем успех во работата и најдобра услуга за пациентот.

ЗАКЛУЧОЦИ

Од добиените резултати и нивната анализа може да се донесат следниве заклучоци:

- Постои статистички значајна разлика во однос на прецизноста помеѓу електронската и тактилно-сензорната метода.
- iPex е апекс локатор кој дозволува точно, брзо и сигурно мерење на работната должина во ендодонтската терапија.
- Точно мерење со толеранција од ± 0.5 mm со iPex на коренските канали кај максиларните молари изнесуваше 87,9%, а 71,9% кај мандибуларните молари. Нема значајни разлики во однос на прецизноста на мерењата на максиларните и мандибуларните коренски канали со електронската метода
- Со тактилно-сензорната метода, точно одредување на должината се постигна кај 28% на максиларните молари и во 23% на каналите на мандибуларните молари. Значајни разлики во однос на прецизноста на мерењата на максиларните и мандибуларните коренски канали со тактилно-сензорната метода не се потврдени.
- Резултатите од мерењето на работната должина со двете одонтометриски методи покажаа дека најпрецизни одредувања се постигнува кај правите канали (палатиналниот и дисталниот во однос на букалните кај горните и мезијалните кај долните молари).
- Не постои значајна разлика помеѓу двата начина за десензибилизација - морталната и виталната екстирпација, во однос на прецизноста при мерењата на забите. Независно од тоа дали е направена морталната или виталната екстирпација, резултатите од мерењата се процентуално многу слични.

-Помеѓу резултатите добиени со електронската и рендгенолошката метода не постоеше статистички значајна разлика, но разликата меѓу електронската и рендгенолошката и тактилно-сензорната метода е статистички значајна.

-Употребата на електронскиот апекс локатор во одонтометријата е практично и веродостојно, најмногу поради намалување на непотребното изложување на рендгенографските зраци.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chicago I.L., in Glossary of Endodontic Terms, 7th Edition in Ingle's Endodontics Ed : Ingle ,Bakland , Baumgartner 6th Edition, Year 2008 BC Decker Inc. New York
2. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. International Endodontic Journal 1998; 31: 394-409.
3. Ricucci D, Langeland K: Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. Int Endod J 1998, 31:394-409.
4. Gutmann J.L., Leonard J.E. – Problem solving in endodontic working-length determination – Compendium of Continuing Education in Dentistry, 1995; 16:288.
5. Stein TJ, Corcoran JF. Radiographic “working length” revisited. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1992; 74:796-800.
6. Nair M.K., Nair U.P. – Digital and advanced imaging in endodontics: a review – Journal of Endodontics, 2007; 33(1): 1-6
7. Mohan G. M., Anand V. S. Accuracy of Different Methods of Working Length Determination in Endodontics. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences (IOSR-JDMS): 2013; 12(4) : 25-38
8. Olson A.K., Goerig A.C., Cavataio R.E., Luciano J. – The ability of the radiograph to determine the location of the apical foramen - International Endodontic Journal, 1991; 24:28.
9. Ralić J., Petrović D. Savremena odontometrija u endodonciji. medicina danas 2013;12(4-6):131-135
10. Vujašković M. „Odontometrija u endodonciji“, Beograd, 2005
11. Simon JHS: The apex: how critical is it? Gen Dent 1994; 42:330-5
12. Glossary of Endodontic Terms. 8th ed. Chicago, IL. American Association of Endodontists; 2012.
13. Palmer MJ, Weine FS, Healey HJ. Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy. J Can Dent Assoc 1971;37:305-8.

14. Ponce EH, Vilar Fernández JA. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: Evaluation by optical microscopy. *J Endod* 2003;29:214-9.
15. Alothmani OS, Chandler NP, Friedlander LT. The anatomy of the root apex: A review and clinical considerations in endodontics. *Saudi Endod J [serial online]* 2013;3:1-9
16. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc* 1955;50:544.
17. Saad AY, Al-Yahya AS. The location of the cementodental junction in single-rooted mandibular first premolars from Egyptian and Saudi patients: A histological study. *Int Endod J* 2003;36:541-4.
18. Ricucci D, Siqueira JF Jr. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *J Endod* 2010;36:1-15.
19. Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 1990;16:498-504
20. Dummer PMH, McGinn JH, Rees DG: The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J* 17:192, 1984
21. Sidow SJ, West LA, Liewehr FR, Loushine RJ: Root canal morphology of human maxillary and mandibular third molars. *J Endod* 2000; 26(11):675-81
22. Morfis A, Sylaras SN, Georgopoulou M, Kernani M, Prountzos F. Study of the apices of human permanent teeth with the use of a scanning electron microscope. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;77:172-6.
23. Martinez-Lozano MA, Forner-Navarro L, Sánchez-Cortes JL, Llena-Puy C. Methodological considerations in the determination of working length. *Int Endod J* 2001;34:371-6.
24. Vieyra JP, Acosta J, Mondaca JM. Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators. *Int Endod J* 2010;43:16-20.
25. Ounsi HF, Naaman A. *In vitro* evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. *Int Endod J* 1999;32:120-3.
26. Wu MK, Wesselink PR, Walton RE. Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;89:99-103.

27. Burch JG, Hulen S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972;34(2):262.
28. Siqueira JF Jr. Reaction of periradicular tissue to root canal treatment: Benefits and drawbacks. *Endod Topics* 2005;10:123-47.
29. Mijušković D.: Klinička i eksperimentalna ispitivanja reparatornih procesa u apikalnom paradoncijumu posle endodontskog zahvata. Beograd, 1981.
30. Alves FR, Siqueira JF Jr, Carmo FL, Santos AL, Peixoto RS, Rôças IN, et al. Bacterial community profiling of cryogenically ground samples from the apical and coronal root segments of teeth with apical periodontitis. *J Endod* 2009;35:486-92.
31. Gutierrez JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in Human teeth. Number and location. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 1995; 79:769-77
32. Ravanshad S, Adl A, Anvar J. Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trial. *J Endod* 2010;36:1753-1756
33. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod*. 2007; 33(2):106-9
34. Siqueira JF Jr, Barnett F. Interappointment pain: Mechanisms, diagnosis, and treatment. *Endod Topics* 2004;7:93-109.
35. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: Systematic review of the literature – Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J*. 2008;41:6-31.
36. Molven O, Halse A, Fristad I, MacDonald-Jankowski D. Periapical changes following root-canal treatment observed 20-27 years postoperatively. *Int Endod J* 2002;35:784-90.
37. Raoof M, Heidaripour M., Shahrvan, Haghani A.J, Afkham A., General Dental Practitioners' Concept towards Using Radiography and Apex-Locators in Endodontics. *Iran Endod J*. 2014 Fall; 9(4): 277-282.
38. Slaus G, Botterberg P. A survey of endodontic practice amongst Flemish dentists. *Int Endod J*. 2002 Sep;35(9):759-67.

39. Hommez GMG, Braem M, DeMoor RJJ. Root canal treatment performed by Flemish dentists. Part 1. Cleaning and shaping *Int Endod J* 2003;36:166–173.
40. Bone J, Moule A.J. The nature of curvature of palatal canals in maxillary molar teeth. *International Endodontic Journal* 1986; 19(4): 178–186
41. Williams CB, Joyce AP, Roberts S. A comparison between in vivo radiographic working length determination and measurement after extraction. *J Endod* 2006; 32(7) :624–627.
42. ElAyouti A, Weiger R, Löst C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *J Endod*. 2001 Jan;27(1):49-52.
43. Kim-Park M., Baughan L., Hartwell G.R. Working Length Determination in Palatal Roots of Maxillary Molars. *J Endod* 2003; 29 (1): 58-61
44. Lu Tang, Tuo-qí Sun, Xiao-jie Gao , Xue-dong Zhou, Ding-ming Huang. Tooth anatomy risk factors influencing root canal working length accessibility. *International Journal of Oral Science* (2011) 3: 135-140.
45. Dunlap CA, Remeikis NA, BeGole EA, Rauschenberger CR. An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. *J Endod*. 1998 Jan;24(1):48-50.
46. Shanmugaraj M, Nivedha R, Mathan R, Balagopal S. Evaluation of working length determination methods: An in vivo / ex vivo study. *Indian J Dent Res* 2007;18:60-2
47. Gordon MPJ and Chandler NP Electronic Apex Locators. *International endodontic journal*, 2004; 37(7), 425-437
48. Dohaithem A.J, Bakarman E and Veitz-Keenan A. Tactile working length determination for root canal therapy in underserved settings. *Evidence-Based Dentistry* 2014; 15, 56-57
49. Wu M-K, Barkis D, R'oris A, Wesselink PR: Does the first file to bind correspond to the diameter of the canal in the apical region? *Int Endod J* 2002; 35:264
50. Jukic- Krmek. S., Mihaljević D, Simeon P, Karlović Z. Mjerenje radne duljine korijenskog kanala endometrima ES-02 i ES-03 *Acta Stomatol Croat*. 2006; 40: 19-27.

51. Paliwal A., Paliwal M.; A. Thoma M.; Akisue E, Gavini G, de Figueiredo JA. Influence of pulp vitality on length determination by using the Elements Diagnostic Unit and Apex Locator. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 Oct;104(4): 129-32.
52. Contreras MA, Zinman EH, Kaplan SK: Comparison of the first file that fits at the apex before and after early flaring. *J Endod* 2001; 27(2):113,
53. Christensen Shane R. An *In Vitro* Comparison Of Working Length Accuracy Between A Digital System And Conventional Film When Vertical Angulation Of The Object Is Variable. Master thesis in Dentistry, Indiana University School of Dentistry, July, 2009.
54. Katz A, Tamse A, Kaufman Y. Tooth length determination: A review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1991;72:238-42.
55. Alothmani OS, Friedlander LT, Chandler NP. Radiographic assessment of endodontic working length. *Saudi Endod J* 2013;3:57-64
56. Cianconi L, Angotti V, Felici R, Conte G, Mancini M. Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: an ex vivo study. *J Endod* 2010;36:2003-2007.
57. Pratten DH, McDonald NJ. Comparison of radiographic and electronic working lengths. *J Endod* 1996;22:173-6.
58. Vieyra JP, Acosta J. Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators. *Int Endod J* 2011;44:510-8
59. Forsberg J. Estimation of the root filling length with the paralleling and bisecting-angle techniques performed by undergraduate students. *Int Endod J* 1987;20:282-6.
60. Ashraf EA, Roland W., Claus L. The Ability of Root ZX Apex Locator to Reduce the Frequency of Overestimated Radiographic Working length. *Journal of Endodontics* 2002 ; 28(2): 116–119
61. Lozano A, Forner L, Llena C (2002) In vitro comparison of root-canal measurements with conventional and digital radiology. *Int Endod J* 35, 542-550.
62. Woolhiser GA, Brand JW, Hoen MM, Geist JR, Pikula AA, Pink FE Accuracy of film-based, digital, and enhanced digital images for endodontic length determination. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* (2005); 99, 499-504.

63. Kal B.I., Baksi BG, Dündar N, Sen BH (2007) Effect of various digital processing algorithms on the measurement accuracy of endodontic file length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 103, 280-284.
64. Friedlander LT, Love RM, Chandler NP (2002) A comparison of phosphor-plate digital images with conventional radiographs for the perceived clarity of fine endodontic files and periapical lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 93,321-327.
65. Melius B, Jiang J, Zhu Q (2002) Measurement of the distance between the minor foramen and the anatomic apex by digital and conventional radiography. *J Endod* 28, 125-126.
66. Mentes A, Gencoglu N. Canal length evaluation of curved canals by direct digital or conventional radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;93:88-91
67. Cox VS, Brown JC, Bricker SL, Newton CW. Radiographic interpretation of endodontic file length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;72:340-4.
68. Alothmani OS, Friedlander LT, Monteith BD, Chandler NP. Influence of clinical experience on the radiographic determination of endodontic working length. *Int Endod J* 2013;46:211-6.
69. Kqiku L, Hoxha V., Städtler P. Određivanje radne duljine s trima različitim Endometrima. *Acta Stomatol Croat.* 2007;41(1):49-56.
70. Bhatt A. Bhatt¹,Vishesh Gupta²,B. Rajkumar³,Ruchi Arora⁴ Working length determination- the soul of endodontic therapy: review I, *Int J Dent Health Sci* 2015; 2(1):105-115
71. Paludo L.; de Souza S.L; Vinícius Reis Só M.; da Rosa R. A., Vier-Pelisser; FV., Duarte MAH. An *in vivo* radiographic evaluation of the accuracy of Apex and iPex electronic Apex locators. *Braz. Dent. J.* 2012;.23(1): 35-41
72. Kaufman A.Y., Keila S., Yosphe M.: Accuracy of new apex locator: an *in vitro* study, *Int Endodon J*, 2002, 35:186-192.
73. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod* 1994;20:111-114.
74. Pagavino G. Riccardo P, Baccetti T. A SEM study of *in vivo* accuracy of the RootZX electronoc apex locator. *J Endod*, 1998; 24(6): 438-441

75. De Vasconcelos BC, do Vale TM, de Menezes AS, Pinheiro-Junior EC, Vivacqua-Gomes N, Bernardes RA, et al.. An ex vivo comparison of root canal length determination by three electronic apex locators at positions short of the apical foramen. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;110: 57-61.
76. Weiger R, John C, Geigle H, Lost C. An in vitro comparison of two modern apex locators. *J Endod*.1999; 25(11):765-8
77. Mayeda, D.L., Simon, J.H., Aimar, D.F. and Finley, K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator, *J Endod*. 1993; 19(11): 545-8.
78. Fouad AF, Reid LC: Effect of using electronic apex locators on selected endodontic treatment parameters. *J Endod* 2000, 26:364-7
79. Frank, A.L. and Torabinejad, MAn in vivo evaluation of Endex electronic apex locator, *J Endod*. 1993; 19(4) : 177-9
80. Felipe MC, Soares IJ . In vitro evaluation of an audiometric device in locating the apical foramen of teeth. *Endodontics and Dental Traumatology* 1994; 10, 220-222
81. De Moor RJ, Hommez GM, Martens LC, De Boever JG. Accuracy of four electronic apex locators: an in vitro evaluation. *Endodontics and Dental Traumatology* 1999; 15:77-82
82. Smadi L .Comparison between two methods of working length determination and its effect on radiographic extent of root canal filling: a clinical study *BMC Oral Health* 2006, 6:4
83. Hembrough JH, Weine FS, Pisano JV, Eskoz N: Accuracy of an electronic apex locator: a clinical evaluation in maxillary molars. *J Endod* 1993, 5:242-6.
84. ElAyouti A, Weiger R, Löst C. The ability of root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *J Endod*. 2002;28:116-9. [
85. Jarad F.D., Albadri S., Gamble C., Burnside G., Fox K., Ashley J.R., Peers G., Preston A.J. - Working length determination in general practice: a randomized controlled trial – British Dental Journal, 2011 Dec; 211(12):595-8.
86. Keller M.E., Brown C.E. Jr., Newton C.W. – A clinical evaluation of the Endocater: an electronic apex locator – Journal of Endodontics, 1991 Jun; 17(6):271-4

87. Stober EK, Duran-Sindreu F, Mercadé M, Vera J, Bueno R, Roig M. An evaluation of root ZX and iPex apex locators: an in vivo study. *J Endod.* 2011 May;37(5):608-10
88. Puri N, Chadha R, Kumar P, Puri K. An *in vitro* comparison of root canal length determination by DentaPort ZX and iPex apex locators. *J Conserv Dent* 2013;16:555-8
89. Welk A.R., Baumgartner J.C., Marshall J.G. – An *in vivo* comparison of two frequency-based electronic apex locators – *Journal of Endodontics*, 2003 Aug; 29(8):497-500.
90. Pommer O, Stamm O, Attin T Influence of the canal contents on the electrical Assisted determination of the length of root canals. *J Endod.* 2002 Feb;28(2):83-5.
91. Akisue E, Gavini G, de Figueiredo JA. Influence of pulp vitality on length determination by using the Elements Diagnostic Unit and Apex Locator. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 Oct;104(4): 129-32.
92. Trope M, Rabie G, Tronstad L (1985) Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical conditions. *Endodontics and Dental Traumatology* 1, 142–5
93. Jenkins JA, Walker WA III, Schindler WG, Flores CM. An *in vitro* evaluation of the accuracy of the Root ZX in the presence of various irrigants. *J Endod* 2001;27:209-211.
94. Joshi C., Ponnappa K. C. Effect of various irrigating solutions on working length determination by electronic apex locator: *In vitro* study. *JIOH* Volume 3; Issue 5: October 2011: 59-66
95. Duran-Sindreu, S. Gomes, E. Stöber, M. Mercadé, L. Jané and M. Roig. In vivo evaluation of the iPex and Root ZX electronic apex locators using various irrigants. *Ind Endod J.* 2013; 46(8):769-74
96. Ebrahim AK, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. The effects of file size, sodium hypochlorite and blood on the accuracy of Root ZX apex locator in enlarged root canals: an *in vitro* study. *Aust Dent J.* 2006 Jun;51(2):153-7
97. Hu'lsmann M, Pieper K (1989) Use of an electronic apex locator in the treatment of teeth with incomplete root formation. *Endodontics and Dental Traumatology* 5, 238– 41

98. Tosun G, Erdemir A, Eldeniz AU, Sermet U, Sener Y (2008) Accuracy of two electronic apex locators in primary teeth with and without apical resorption: a laboratory study. *Int Endod J* 41, 436–41.
99. Goldberg F, De Silvio AC, Manfré S, Nastri N: In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical root resorption. *J Endod* 2002;28:461.
100. Lee SJ, Nam KC, Kim YJ, Kim DW (2002) Clinical accuracy of a new apex locator with an automatic compensation circuit. *J Endod* 28, 706–9.
101. Nelson-Filho P, Romualdo PC, Bonifácio KC, Leonardo MR, Silva RAB, Silva LAB. Accuracy of the iPex multi-frequency electronic apex locator in primary molars: an *ex vivo* study. *International Endodontic Journal*. 2011;44(4):303-306
102. Ibarrola J, Chapman B, Howard JH, Knowles KI, Ludlow MO. Effect of preflaring on Root ZX apex locators. *J Endod* 1999;25:625-6.
103. de Camargo EJ, Zapata RO, Medeiros PL, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, de Moraes IG, Duarte MA. Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. *J Endod*. 2009 Sep;35(9):1300-2.
104. Lopez a Fernanda Ullmann, Barletta b Fernando Branco, Fontanella Vânia Regina Camargo,Grecca Fabiana Soaresa. Effect of endodontic preflaring on electronic determination of working length. *Rev Odonto Cienc* 2011;26(2):161-164
105. Ibelli GS, Barroso JM, Capelli A, Spanó JCE, Pécora JD. Influence of cervical preflaring on 18. apical file size determination in maxillary lateral incisors. *Braz Dent J* 2007;18:102-6.
106. Thomas AS, Hartwell GR, Moon PC (2003) The accuracy of the Root ZX electronic apex locator using stainless-steel and nickel-titanium files. *Journal of Endodontics* 29, 662–3
107. Gyorfi A, Süveges I, Iványi I, Fazekas A. Fogorv Sz. [Determination of working length in general endodontic practice].[Article in Hungarian] Fogorv Sz. 2007 Feb;100(1):33-9.
108. Burke FM, Lynch CD, Ni Riordain R, Hannigan A. Technical quality of root canal fillings performed in a dental school and the associated retention

- of root-filled teeth: clinical follow up study over a 5 year period. *J Oral Rehabil.* 2009;36(7):508–15.
109. Khan M., Rehman K., Saleem M. Causes Of Endodontic Treatment Failure – A Study. *Pakistan Oral & Dental Journal June* 2010; 30(1): 45-9
110. Akbar I. Radiographic study of the problems and failures of endodontic treatment *Int J Health Sci (Qassim)*. 2015 Apr; 9(2): 111–118.
111. De Moor RJ¹, Hommez GM, De Boever JG, Delmé KI, Martens GE. Periapical health related to the quality of root canal treatment in a Belgian population. *Int Endod J.* 2000 Mar;33(2):113-20.
112. European Society of Endodontontology. Quality guidelines for endodontic treatment: Consensus report of the European Society of Endodontontology. *Int Endod J* 2006;39:921-30.
113. Avan M., Sidhu S. K., Chong B. S.. Root canal working length determination and apical limit of root canal instrumentation and obturation. *ENDO - Endodontic Practice Today Fall 2015* 9 (3)Pages: 161-168
114. Jenkins SM, Hayes SJ, Dummer PM. A study of endodontic treatment carried out in dental practice within the UK. *Int Endod J.* 2001 Jan;34 (1):16-22.
115. Chirila M., Scarlatescu S. A., Nistor C.C., Moldoveanu G. F. The Accuracy of Working Length Determination During Endodontic Retreatment. *Romanian Journal Of Oral Rehabilitation Vol. 3, No. 1, January 2011:* 63-67
- 116, Camargo EJ, Zapata RO, Medeiros PL, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, et al.. Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. *J Endod* 2009;35:1300-1302.
117. Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An *in vivo* comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators. *Int Endod J* 2009;42:1026-31
- 118 Guise GM, Goodell GG, Imamura GM. *In vitro* comparison of three electronic apex locators. *J Endod*,2010;36:279–81.)
119. Karami Nogorani M. K., Jahromi M. Z, Dehghan Z., Talaei R.. Clinical Accuracy of Ipx Apex Locator for Measurement of Root Canal Length of Primary Molars. *Journal of Islamic Dental Association of IRAN (JIDAI)* . Winter 2014 ;25, (4)

120. Sadaf D, Ahmad MZ. Accurate Measurement of Canal Length during Root Canal Treatment: An In Vivo Study. *Int J Biomed Sci.* 2015; 11(1): 42-47.
121. Goldberg F, De Silvio AC, Manfre S, Nastri N . In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical root resorption. *J Endod* 2002; 28, 461–3
122. Galić N, Katunarić M, Šegović S, Šutalo J, Stare Z, Anić I. A clinical evaluation of the apex locator - Endometer ES-02. *Acta Stomatol Croat.* 2002; 36(4): 497-500.
123. Ebrahim AK,, Wadachi R.and. Suda H. Electronic Apex Locators —A Review. *J Med Dent Sci* 2007; 54: 125–136
124. Hoer D, Attin T (2004) The accuracy of electronic working length determination. *International Endodontic Journal* 37, 125–31.
125. Ravanshad S, Sahraei S, Khayat A. Survey of Endodontic Practice amongst Iranian Dentists Participating Restorative Dentistry Congress in Shiraz, November 2007. *Iran Endod J.* 2008;2(4):135–42.