

Apexlokátory (problematika, fyzikální principy, zkušenosti)

Ladislav Záruba, MUDr.*, Zbyněk Novák**, Jiří Škoda, Mgr.***

Stanovení vitality zubu je důležitým poznatkem v záchovné stomatologii. Podle výsledku testu vitality se pak odvíjejí další pracovní postupy i prognóza další práce. Autoři zkonstruovali jednoduchý elektrický přístroj na zjištění vitality zubu a uvádějí první zkušenosti.

Určení pracovní délky kořenového kanálku u endodonticky ošetřovaného zubu je významným krokem, který má přímý vliv na úspěch endodontické terapie. Existuje několik metod určení pracovní délky a jednou z nich je dentoelektrometrie.

Autoři probírají fyzikální principy dentoelektrometrie, ukazují na výhody a nevýhody této metody. Jako příspěvek k řešení problému autoři vyvinuli apexlokátor, který porovnávají s Raypexem 4 jako s moderním a známým apexlokátorem, uvádějí první klinické zkušenosti. Předností nového apexlokátoru je lehká obsluha, funkční jednoduchost a určitá míra spolehlivosti práce přístroje.

(Poprvé zveřejněno v časopise Quintessenz, č. 2, ročník 12, 2003)

Zkouška vitality zubu pomocí elektrického přístroje

Klinický význam zjištění vitality zubu je jasný a dále se jím zabývat zde nebudeme. Vitalitu zubu určujeme běžným stomatologickým vyšetřením, u zubu intaktního či s malou výplní můžeme předpokládat fyziologickou vitalitu, použitím chladového testu, preparační zkouškou a také užitím elektrického proudu.

Pro připomenutí: Starší lékaři jistě pamatují tester na vitalitu zubů na soupravách Chiradent. Lékař držel v ruce kovový tester spojený kabelem se zdrojem v zubní soupravě v podobě válce zakončeného tupým odizolovaným kovovým hrotem, který se dotýkal testovaného zubu. Na hřbetu testeru byl pohyblivý jezdec (reostat), tím se zvyšovala intenzita proudu. Kovový hrot se dotkl zubu a elektrický obvod dále pokračoval přes lékaře, kovové instrumentační zrcátko v druhé ruce lékaře, tkáň pacienta, k zubu. Tak byl obvod uzavřen a nejcitlivější (nejdráždivější) strukturou je nervové vlákno v zubu³. Elektrický proud vynucuje (obecně) přesun iontů (v elektrolytu), v našem případě přes membránu nervového vlákna jak známe z fyziologie přenosu vzruchu – a podle intenzity proudu bylo nervové vlákno více nebo méně podrážděno s odpovídajícím senzitivním vjemem, bolestí². V případě fyziologického stavu dřeňové dutiny s kvalitní inervací (a v případě podráždění zánětem), existovala určitá odpověď dřeňové dutiny projevující se menší či větší bolestí na elektrické podněty. U podráždění elektrickým proudem biologicky hodnotné dřeň cítil pacient určitý vjem bolesti jen při aplikaci proudu či jen několik sekund po aplikaci. U zubů se zanícenou dření byl vjem výraznější, pacient poznával tu „svou bolest“ a doznívala řádově až minutách. V případě nulové odpovědi pacienta, mohl lékař předpokládat nekrózu či varianty gangrény pulpní dutiny, což usnadňovalo další terapeutický postup.

Z popisu přístroje a jeho potřeb délky elektrického obvodu je zřejmé, že tato metoda byla komplikovaná a těžkopádná pro vedení elektrického obvodu přes lékaře. Toto vyšetření samo, i když se zdá být poněkud nehumánní kvůli aplikaci elektrického proudu do citlivé tkáně pacienta, mělo svou určitou informační hodnotu a přispívalo k diagnostické rozvaze. Stomatologické soupravy dnešní doby nejsou vybaveny elektrickými testery a tak je lékař přece jenom ochuzen o určitou pomoc.

Pro tyto důvody jsme vyvinuli elektrický testovací přístroj, který představujeme v dalším textu.

Prototyp bateriového testeru.

Viz obr. 1.



Obr. 1
Tester
vitality zubu.

*Privátní stomatologická praxe, Česká Lípa, ČR

**Mistr odborného výcviku, Integrovaná škola Česká Lípa, ČR

***Katedra chemie Univerzity J. E. Purkyně, Ústí nad Labem, ČR

Popis

Tělo přístroje tvoří krabička se stupnicí, zdrojem je baterie 9 V, 2 regulační prvky – otočné knoflíky, 2 kabely zakončené elektrodami, které se přikládají na zub. Tester generuje stejnosměrný elektrický proud, jde vlastně o zdroj konstantního proudu, který lze plynule měnit. Přiložením elektrod na zub se obvod (případně) uzavírá, tímto způsobem je tedy elektrický obvod velmi jednoduchý.

Provádění testování

Po zapnutí přístroje otočením knoflíku (šedý), vezme elektrody a přeložíme je přes sebe (tím se obvod propojí–zkratuje), stejným knoflíkem se nastaví minimální proud mající procházet zubem (na stupnici je to hodnota 2, odpovídá 2–3 mA).

Uživatel pak provádí testování. Je možné, že uvedená hodnota proudu nestačí, opět se provede přeložení elektrod (propojení–zkratování elektrického obvodu) a nastaví větší proud otáčením červeného knoflíku až do maxima 7–8 mA. U intaktních zubů pacient ani takový proud necítí, žádnou reakci neudává.

V minulosti jsme konstatovali odpověď přiměřenou, zvýšenou, sníženou, žádnou, odpovědi s vysokou mírou subjektivity, nyní se lze pokusit přiřadit číselnou hodnotu odečtenou ze stupnice. Testování zubu se tak stává exaktnější.

U zubů gracilnějších, např. dolních řezáků, může být navozena odpověď.

Situace je jiná u vitálních zubů s amalgamovou výplní, tam záleží na rozsahu a objemu takové výplně vzhledem k dřevné dutině. Amalgamovou výplň můžeme považovat za kovový vodič (vodič 1. třídy), vodivost elektrického proudu je vysoká a tudíž i registrace elektrickým stimulem je pro nervové vlákno v zubu podstatně intenzivnější. Doporučuje se testovat zuby s amalgamovou výplní opatrně a ohleduplně. Další výplňové materiály, varianty cementů, skloionomery, kompozita – jsou nevodivá (nebo obráceně – mají vysoký odpor), proto i v případě vitálního zubu může být v případě kontaktu elektrod s nevodivým materiálem test falešně negativní. V těchto případech lze zkusit cervikální přiložení elektrod, labiálně a lingválně na tkáň zubu, samozřejmě kombinace s klasickou chladovou zkouškou je v této situaci vhodná.

Přístroj nemá prohlášení o shodě, proto po důkladném prozkoušení (teoreticky, prakticky, autoři sami na sobě), byli pacienti po vysvětlení situace požádáni o souhlas s aplikací přístroje. Tester se choval v podstatě stejně jako tester souprav Chiradent.

Při klinické praxi ukazoval tester dobrou funkční spolehlivost (žádná porucha), dobré výsledky z hlediska klinické praxe korespondující stavu zubu, vhodně se doplňoval s chladovou zkouškou. Výměna baterie se doporučuje vždy po půl roce, elektrody je možné desinfikovat a sterilizovat chemickou cestou. Materiálové náklady, cena elektrotechnických součástí, na tento tester nepřesahovaly 500,- Kč.

Bezpečnost pro pacienta

Tester vyvine maximální proud 7–8 mA v závislosti na stavu baterie, literatura uvádí hodnotu tzv. bezpečného stejnosměrného proudu 25 mA². Přístroj tedy pracuje hlu-

boko pod ještě bezpečnou hodnotou, u zdravého pacienta nepředstavuje užití testeru problém, u pacientů s kardiostimulátorem užití testeru nedoporučujeme.

Úvod do základní problematiky dentoelktrometrie

Při pracovních postupech v endodoncii má klíčový význam pracovní délka kořenového kanálku. Důležité pojmy: délka zubu, referenční bod, délka kořenového kanálku, pracovní délka kořenového kanálku, bezpečná hloubka, ještě důležitější jsou vztahy mezi nimi. Detailně se těmito pojmy zabývá literatura⁷.

Je několik možností jak určit pracovní délku:

1. Prvá a již zastaralá je metoda jemného vpichu kořenového nástroje do periodontia – pacient udává vjem, posuneme zpět o 1–2 mm a pak teprve změříme endo nástroj na endoměrci. Výsledkem je pracovní délka kořenového kanálku. Z popisu metody je však zřejmé, že toto určení je nejisté.
2. Druhá metoda, dosud nejlepší, je zhotovení měřicího rtg snímku se zavedeným kořenovým nástrojem. Postup je ideální, je-li rtg přístroj přímo u křesla. Je-li rtg přístroj jinde, nastávají manipulace s pacientem a nutné časové prodlevy, práce se přerušuje a protahuje. Komplikace jsou zřejmé: kořenový nástroj v zubu, v ústech pacienta atd. Výhody jsou zřejmé také: na rtg snímku se zavedeným nástrojem o známé délce je ihned vidět menší či větší zasunutí do kanálku a lze provést náležitou korekci. Variantou této metody je radioviziografie (RVG), pořizovací náklady jsou ale vysoké. Obecná nevýhoda: veškerá rtg vyšetření jsou vždy zatížením pacienta ionizujícím zářením.
3. Třetí metoda je elektrometrie, či přesněji dentoelktrometrie, hovoříme také o zjištění pracovní délky užitím elektronického přístroje. Fyzikálně přesnější by bylo užití termínu dentokonduktometrie. Historický vývoj této metody podává práce⁷.

Elektrotechnické přístroje, které toto zjištění provádějí a signalizují, tento pojem uvádíme úmyslně, se nazývají apexlokátory. Termín apexlokátor je výstižný, protože tyto přístroje mají za úkol určit, lokalizovat, signalizovat apex zubu, tj. místo vyústění kořenového kanálku do periapexu na základě změny odporu (vodivosti) tkáně. Při užití pojmu apexlokátor se někdy mylně hovoří o měření délky kořenového kanálku přístrojem. Apexlokátor neměří tuto délku, pouze měří a vyhodnocuje změnu vodivosti tkáně a na základě toho detekuje apex, přesněji foramen anatomicum. Má-li případný displej, pak opět jen symbolicky ukazuje, předvádí postup kořenového nástroje kanálkem (viz Raypex 4), hlásí na základě změny vodivosti a přiblížení se určité hodnotě blízkost apexu, opět Raypex 4, hlášení posledního 1 mm, tzv. apical zoom, volně přeloženo: apikální zaostření, zvětšení, detail. Lékař si provádí měření sám odečítáním délky vloženého kořenového nástroje (slouží zároveň jako elektroda) na endoměrci. V okamžiku hlášení apexlokátoru o dosažení hledané zóny, tj. prostoru fyziologického foramen (apikální detail), vyjme kořenový nástroj, např. Hedström, ISO 15, 20, přeměří ho a tak zjistí pracovní délku kanálku.

Fyzikální principy dentoelektrometrie.

Čemu připodobnit tkáň z hlediska průchodu elektrického proudu ?

Při zjednodušení situace lze uvažovat o průchodu elektrického proudu elektrolytem s kapacitními odpory. Obecně určujeme dvě podmínky pro průchod elektrického proudu: elektrické napětí (potenciál) mezi elektrodami a nosiče elektrického náboje. Napětí v našem případě dodává elektrický přístroj. Nosiče elektrických nábojů jsou ionty, v extracelulární tekutině především ionty Na^+ a Cl^- , do určité míry i proteinové polymery plasmy. Buňky a jejich membrány představují kapacitní odpory^{1, 2, 4, 8}.

Apexlokátory používají proud střídavý o vysokých frekvencích, takový proud pak snadno prochází tkáněmi. Odpor buněčných membrán hraje za těchto okolností poměrně malou roli pro efekt tzv. kapacitního přemostění². Proud se šíří cestou nejmenšího odporu, tzn. podél nervových vláken, cév, mezibuněčnými prostory, přesněji: šíří se tudy, kde nalézá nosiče elektrického náboje v dostatečném množství – ionty a je veden gradientem potenciálu. Nejvyšší vodivost má likvor (dostatek iontů), pak krevní plasma (dostatek iontů), o řád méně tuková tkáň (méně iontů v jednotce objemu), suchá kůže asi o pět řádů méně (ještě méně iontů), kost o sedm řádů méně (úplně nejméně nosičů elektrického náboje)².

Pro účely dentoelektrometrie je velmi významný odpor tkáň (impedance) v okamžiku, kdy se kořenový nástroj (prvá elektroda) dotkne tkáň ve foramen anatomicum a nastane podstatná změna vodivosti (zvýšení) v průběhu elektrického proudu ke druhé elektrodě, kterou tvoří kovový háček zavěšený na ret. Nyní naměřená hodnota je určitá tkáňová impedance a není, jak jsme si ověřili, závislá na vzájemné vzdálenosti elektrod. Posunem elektrody po rtu nedocházelo k významným odchylkám při měření – hodnota zůstávala stejná. Tato hodnota je tedy tzv. tkáňovou impedance konstantou. Poznámka: je uvažována jen orální krajina.

Tato zjištění mají významný praktický dopad a dostávají se k tomu, jak apexlokátory fungují. Velmi pravděpodobně mají ve svém procesoru zabudovanou právě tuto konstantu a tuto hodnotu stále komparují (srovnávají) s hodnotou průběžné impedance. Ve chvíli, kdy se k této konstantě blíží hodnota průběžné impedance přecházejí do režimu apical zoom, signalizují blízkost apexu, elektroda (kořenový nástroj) se nalézá ve fyziologickém foramen, hlášení přibližně 1 mm před apexem. Při dalším postupu nástroje (elektrody), v okamžiku kdy obě hodnoty splynou, se na displeji objevuje výstražné hlášení a apex je podle údajů přístroje dosažen. Prakticky to znamená, že pracovní délka kanálku je překročena a pro lékaře to signalizuje, že kořenovým nástrojem je nutné se vrátit o 1–2 mm zpět. Apexlokátory jsou tedy přístroje, které pracují s relativní impedancí tkáň a její určitou hodnotou. V žádném případě nejsou schopny přiřadit určité hodnotě impedance jak určitou délku zubu tak pracovní délku kořenového kanálku. Apexlokátor nedokáže sdělit, že např. vzdálenost k apexu je 5, 4, 3 mm. Užití displejů, značek a pohyblivých symbolů má orientační, informativní a komerční význam a je pouze určitou, třeba i vhodnou pomůckou pro lékaře.

Elektrotechnicky není apexlokátor nic jiného než vysokofrekvenční generátor elektrického proudu s vyhodno-

covačem měřené impedance a její signalizací buď displejem nebo digitálně, analogově, akusticky, světelně atd.

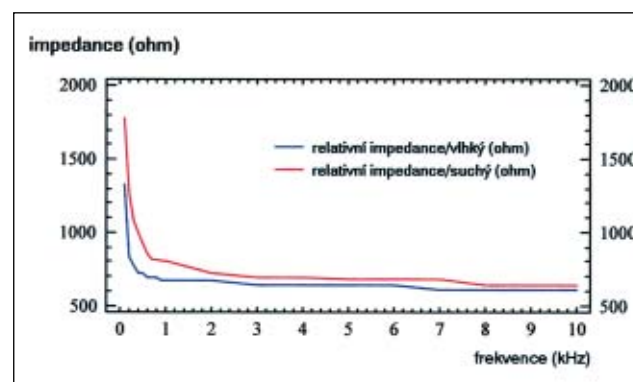
Paradoxně tam, kde je soustředěna největší výhoda apexlokátoru, je i jeho slabina. Jedná se o foramen anatomicum, místo kde je dosahováno tkáňové impedance konstanty. Bude-li tkáň změněna nekrotickým procesem nebo zánětem se silnou proliferací vaziva s uložením minerálu, bude přístroj ještě hlásit buď pouhý prostup kanálkem či apikální detail přestože kořenový nástroj již kanálek opustil a směřuje do periapexu. Jinými slovy, řečeno elektrotechnicky, odpor tkáň je stále vysoký. Důsledky pro endodoncii jsou zřejmé a význam diagnostického i měřicího rtg snímku v takovém případě jen roste. Falešně negativní hlášení jsou tedy možná a právě tak jsou možná falešně pozitivní hlášení na základě vysoké vodivosti již v kanálku – via falsa, široké foramen anatomicum, tkáňová tekutina, krev, a arteficiálně – použitím roztoku chlornanu sodného. Uvedená zvýšená vodivost má společného jmenovatele, přítomnost množství iontů, nositelů elektrického náboje. Naproti tomu špatnou vodivost má např. voda a peroxid vodíku^{2, 8}. Poznámka: odpor (impedance) a vodivost jsou veličiny navzájem inverzní.

V relativně fyziologických podmínkách je apexlokátor velmi silný v určení foramen anatomicum a přibližně 1 mm zpět (apikální detail, fyziologické foramen). Na základě znalosti tkáňové konstanty a její komparace indikuje přístroj jakoby „odspoda“. Charakteristicky tomu nasvědčují i displeje moderních apexlokátorů různé provenience, je na nich vyznačeno určení apexu a určité krátké vzdálenosti před apexem (myšleno koronárním směrem, do nitra kanálku). Pracovní délku si však lékař musí změnit sám.

Hovoří se také o dvou frekvencích apexlokátorů (jaké přesněji ?, není uvedeno), které řeší problém vlhkosti kanálku⁷. Je míněno, že dříve bylo nutné mít pro užití přístroje suchý kanálek, v případě vlhkého kanálku (jak a čím vlhkého ?) hlásil apexlokátor již dosažení apikální krajiny, což je falešně pozitivní výsledek. Užití dvou frekvencí má tedy mít ten význam, že přístroj pracuje dobře i ve vlhkém kanálku⁷.

Naše zjištění jsou následující

Při určité frekvenci v tisících Hz, přesněji okolo 8 kHz, je rozdíl impedance mezi zubem vlhkým a suchým zanedbatelný. Impedance je téměř stejná. Viz graf 1. Důvod



Graf 1 Porovnání impedance suchého a vlhkého zubu. Frekvence 0–10 kHz.

užití dvou frekvencí v apexlokátorech je podle našeho mínění spíše elektrotechnický a je koncipován takto:

Vysoká frekvence, řádově v tisících Hz (kHz), má zabezpečit lehký průchod tkáněmi, odpor tkání je pak nízký. Převedeno do stomatologie: vysoká frekvence zabezpečí průchod proudem zubem ve většině jeho kanálku a dalšími tkáněmi nehledě na špatnou vodivost zubní tkáně.

V apikální krajině pak užití nižší frekvence (řádově stovky Hz) naopak znamená vyšší odpor tkáně, který je technicky lépe měřitelný a zpracovatelný elektronikou přístroje. Spíše jde o snahu výrobce názorněji zpracovat a prezentovat dodanou elektrickou informaci uživateli, různá hlášení na displeji mají také komerční význam atd. Obě frekvence pracují současně, v okamžiku dosažení hodnoty impedance blížící se tkáňové konstantě se přístroj přepíná do režimu nízké frekvence, lépe a přesněji zpracovává elektrickou informaci a provádí příslušné převody na displej (apikální zoom atd.). Důležité je, že takové proudy jsou mimo vnímavost a prakticky neškodné pro zdravého pacienta.

Naš názor: pro funkci přístroje nejsou dvě frekvence nezbytně nutné, stačí i jedna za předpokladu, že elektrickou informací budeme zobrazovat jednoduše, tj. analogově, stupnicí s ručičkovým ukazatelem.

Princip Apexsignalizátoru a jeho vývoj

Viz obr. č. 2.

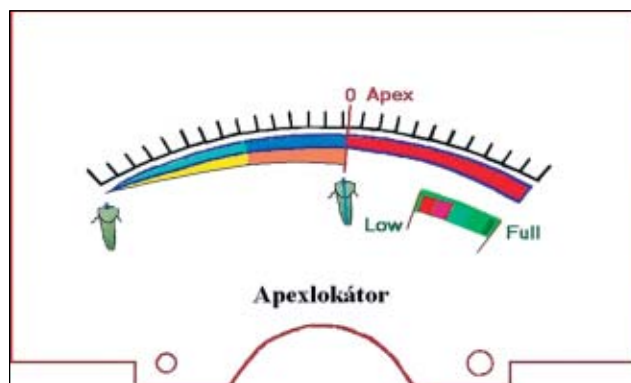


Obr. 2a Apexsignalizátor.

Vyvinuli jsme prototyp apexlokátoru, který jsme pojmenovali Apexsignalizátor.

Zjednodušený princip přístroje

Generátor produkuje proud o sinusovém průběhu s frekvencí 8,5 kHz. Při vsunutí elektrody (kořenového nástroje) do zubu začíná procházet obvodem střídavý



Obr. 2b Detail stupnice apexsignalizátoru.

proud, který pokračuje do bloku P. Zbylé napětí se měří na předřadném odporu, hodnota napětí se kontinuálně mění podle polohy nástroje v zubu a převádí se na komparátor. Ten napětí porovnává s nastavenou hodnotou, tkáňovou konstantou.

Hledání a určení vhodné frekvence a tkáňové konstanty

Nejdříve byla provedena řada měření z nichž vyplynulo, že při určité frekvenci se téměř neuplatňuje vliv zubu vlhkého oproti suchému (graf 1) a to právě v pásmu 7–8 kHz a výše. Srozumitelněji řečeno, zub suchý i vlhký měly zásluhou vysoké frekvence téměř stejnou impedanci, význam tzv. parazitního odporu, odporu kapaliny (vlhkosti v kanálku), byl minimální. Podmínkám vyhovovaly v podstatě všechny frekvence od 8 kHz výše. Pro náš přístroj jsme posléze vybrali frekvenci 8,5 kHz. Testované zuby byly umístěny v lipidoproteinovém derivátu (napodobenina tkáně) abychom se přiblížili tkáňovým podmínkám co nejvíce.

Dalším krokem byla simulace podmínek které se blíží reálnému prostředí v okamžiku, kdy se elektroda přiblíží ke tkáni ve foramen anatomicum. Pro tento účel a pro porovnání jsme zvolili tři kapaliny a změřili jejich impedanci v závislosti na frekvenci:

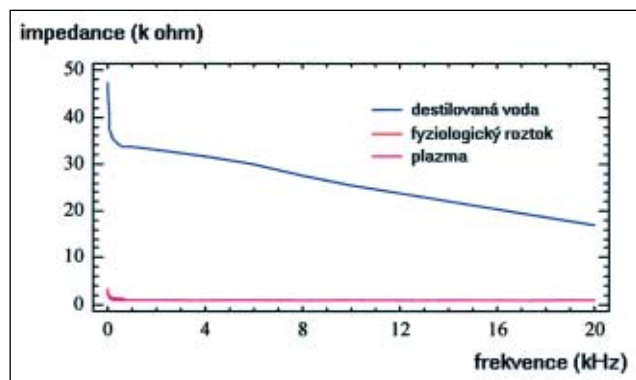
- Kapalina 1 = destilovaná voda – nejsou přítomny nosiče elektrického náboje, přesněji dipoly vody jsou špatnými vodiči elektrického proudu^{2, 8}.
- Kapalina 2 = fyziologický roztok – nosiče elektrického náboje jsou ionty Na^+ a Cl^- .
- Kapalina 3 = lidská plazma – nosiče elektrického náboje jsou známé ionty plazmy a proteinové polymery.

Výsledky měření shrnují grafy 2 a 3.

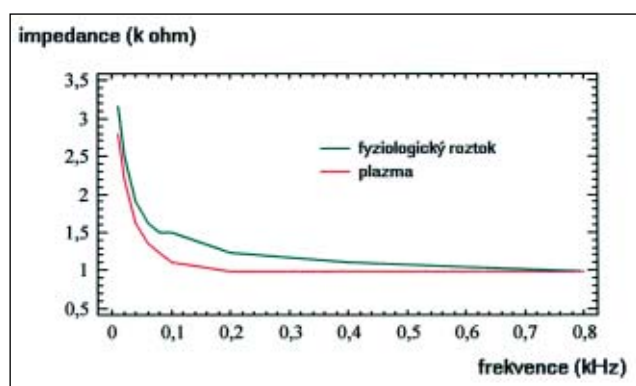
Graf 2 porovnává impedanci destilované vody, fyziologického roztoku a plazmy. Z grafu je zřejmé, že destilovaná voda je daleko nejhorší vodič, naproti tomu fyziologický roztok a plazma jsou podstatně lepšími vodiči a jejich křivky vykazují takovou totožnost, že bylo třeba zvolit detailní graf 3 abychom je rozlišili.

Tento graf pak sděluje informaci, že křivky jsou si velmi podobné, od frekvence 0,6–0,7 kHz je již impedance pro obě testované látky téměř stejná, v nižších frekvencích je rozdíl více patrný (0,1–0,3 kHz). Odkazujeme na poznámku uvedenou výše o významu nižší frekvence ve

Graf 2 a 3 Porovnání impedance destilované vody, fyziologického roztoku a plazmy.



Graf 2 Celý rozsah frekvence.



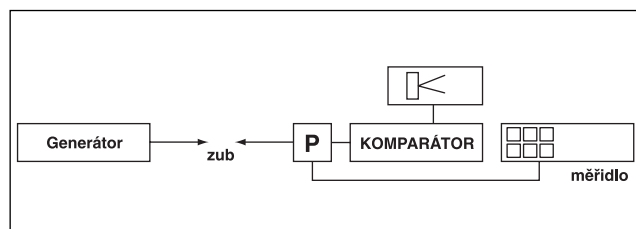
Graf 3 Detail frekvence 0,0–0,8 kHz.

vztahu k impedanci. Vodivější je plazma, což se plně shoduje s množstvím nosičů elektrického náboje oproti fyziologickému roztoku².

Nejvěrnějším prostředím je tedy lidská plazma a proto jsme použili danou hodnotu z grafu jako tkáňovou imedanční konstantu při frekvenci 8,5 kHz. Z dalších experimentů později vyplynulo určité zvýšení tkáňové konstanty pro kapacitní odpor buněk a jejich membrán.

Zpět ke schématu. Pokud komparátor vyhodnotí, že napětí jsou shodná, začne akustická a světelná signalizace jako varovný signál. Měřidlo je napojené na blok P a informuje o postupu elektrody v zubu, což indikuje pohyb ručičky na stupnici apexlokátoru.

Blokové schéma



Apexsignalizátor se ovládá dvěma knoflíky:

Prvý, přepínací, nastavuje čtyři funkce, druhý, červený, nastavuje kalibraci – intenzitu proudu.

Na stupnici jsou vyznačena barevná pole související s funkcemi přístroje.

Prvá funkce

Je test baterie, přístroj musí mít vždy pro elektrickou práci odpovídající napětí. Na stupnici přístroje je vyznačeno pole, kam musí ručička dojít aby přístroj spolehlivě fungoval.

Druhá funkce

Je kalibrace, nastavení intenzity proudu přístroje na hodnotu tkáňové konstanty. Je vyznačena na stupnici dílkem a slovem Apex, provádí se otáčením červeného knoflíku. Ručička ukáže na dílek a přístroj se hlásí alarmovou akustickou a světelnou signalizací. Kalibrace je vždy nutná před každým měřením, práce přístroje totiž spotřebovává energii zdroje a mění se elektrické hodnoty v přístroji. Ruční nastavení kalibrace však nepředstavuje žádnou prodlevu v práci, probíhá rychle.

Je ruční nastavení kalibrace, tkáňové konstanty, nevýhodou ?

To je pouze relativní, protože uživatel může úmyslně měnit kalibraci a tak různě modelovat situaci s rtg kontrolou, lze měnit nastavení tkáňové konstanty, přístroj je tedy uživatelsky pružnější. Apexlokátory s automatickým nastavením tkáňové konstanty tuto možnost neznají a navíc – příslušná elektronika automatického nastavení zvyšuje cenu přístroje.

Třetí funkce

Je tzv. hrubé měření, ukazuje pomocí ručičky přibližný posun nástroje kanálkem, v okamžiku přechodu do tmavě modrého pásma uživatel přepne do funkce 4.

Čtvrtá funkce

Je tzv. jemné měření, ukazuje ručičkou v barevném poli prostup nástroje kanálkem v rozsahu přibližně 1mm od apexu. V tomto okamžiku může apexsignalizátor indikovat akusticky – přerušovaný vysoký tón, opticky – probleskováním LED, blízkost apexu.

V okamžiku vyrovnání hodnot průběžně měřené impedance s tkáňovou imedanční konstantou, tj. dosažení foramen anatomicum, nastává akustické a optické hlášení alarmu, kontinuální vysoký tón a signální LED stále svítí, to je vlastně pátá funkce přístroje zapínající se automaticky v důsledku nastavení kalibrací.

Bezpečnost přístroje.

Apexsignalizátor generuje střídavý proud o frekvenci 8,5 kHz s maximální hodnotou intenzity proudu 0,750 mA. Literatura udává hodnotu tzv. bezpečného střídavého proudu okolo 10 mA, přístroj tedy pracuje s intenzitami proudu hluboko pod ještě bezpečnou hodnotou².

Pro zdravého pacienta je přístroj bezpečný. U pacientů s kardiostimulátory může být situace jiná. Střídavé (ale i stejnosměrné) proudy procházejí tělem a mají svou měřitelnou hodnotu v závislosti na vzdálenosti od elektrod. Senzory kardiostimulátoru On demand (Na požádání) mohou být střídavým proudem ovlivněny, nemusí pak vydat signál, výsledkem může být arytmie až asystolie.

Další možností je, fyzikálně uvažováno, součet frek-

venci přístroje a kardiostimulátoru. Vznikne nový oscilátor s výdejem impulzů, které mohou vést k srdeční arytmii a ohrožení pacienta. Určité riziko tedy existuje a možné důsledky jsou takové, že užití apexlokátorů je u pacientů s kardiostimulátory kontraindikováno.

Vlastní práce s přístrojem:

Po průchodnění kanálku do tzv. bezpečné hloubky se do zubu zasadí kořenový nástroj, např. Hedström č. 15 nebo 20.

Poznámka: délka kořenového nástroje hraje svou roli, je lepší používat kořenové nástroje o délce 31 mm, 25 mm kořenový nástroj bývá někdy krátký kvůli háčkové svorce s kabelem.

Přístroj se uvede do chodu otočením regulačního knoflíku na Test baterie. Po přezkoušení baterie se nastaví kalibrace (bylo uvedeno), může probíhat tzv. hrubé měření.

Na kořenový nástroj se nasadí jemná háčková svorka s kabelem vedeným k apexlokátoru. Kořenový nástroj se stává nyní prvou elektrodou, druhá elektroda v podobě háčku je zavěšena na rtu. U apexsignalizátoru bývá v tuto chvíli okamžitě elektrický obvod propojen, pohyb ručičky jasně indikuje vznik a existenci elektrického obvodu.

Poznámka: jedná se o zajímavý a důležitý detail. U apexlokátoru Raypex 4 si přístroj sám vyhodnocuje podmínky měření a nejsou-li vhodné, neaktivuje se, doslova hraje „mrtvého brouka“, nechává tak lékaře v nejistotě, co se děje⁶.

Nástroj postupuje kanálkem do hloubky, na stupnici přístroje tomu odpovídá posun ručičky.

Po dosažení dalšího barevného pásma na stupnici a vnoření nástroje do hloubky kanálku, uživatel přepne přístroj do posledního režimu, 4. funkce = jemné měření, apikální zvětšení, přístroj může signalizovat přerušovanými akustickými a světelnými funkcemi blízkost apexu v závislosti na postupu nástroje, přesněji na vodivosti prostředí – ionty! Pracovní délka je dosažena a zbývá ji odečíst vložním kořenového nástroje do endoměrky.

Poznámka: v praxi bývá stanovení pracovní délky kombinováno s dekontaminací kanálku, jeho čistěním, úpravou stěn, tj. řádnou a opatrnou endodoncií, prostě tak aby se explorace apexlokátorem odehrávala v relativně čistém kanálku. Přístroj posléze signalizuje blízkost apexu, ošetřující zjistí pracovní délku. Nyní je pravý čas pro rtg vyšetření s kořenovým nástrojem o zjištěné délce, to sdělí s naprostou jistotou informace o apikální části kanálku a periapexu a vlastně určí další endodontický postup. Apexlokátor se tak stává jakýmsi prvním endodontickým explorerem, průzkumníkem.

Klinická zkušenost

Přístroj nemá prohlášení o shodě, proto jsme vždy požádali pacienty o souhlas s aplikací přístroje po vysvětlení situace.

Kazuistika č. 1

Je zajímavá tím, že pacient, mladý muž, 22 let, na rok přerušil endodontickou terapii zubu 22.

Při další návštěvě byl zub na poklep lehce bolestivý, periapikální krajina pohmatově lehce bolestivá, apexlokátor hlásí hraniční hloubku 20 mm a rtg s kořenovým nástrojem nastaveným na tuto pracovní délku to vcelku potvrzuje, po důkladném očištění kanálku, úpravě stěn a zá-

sadité léčebné vložce následuje v další návštěvě plnění zubu laterální kondenzací. Dosud je zub klidný, periapikální krajina asymptomatická, subjektivně pacient bez potíží. Viz rtg 1,2.

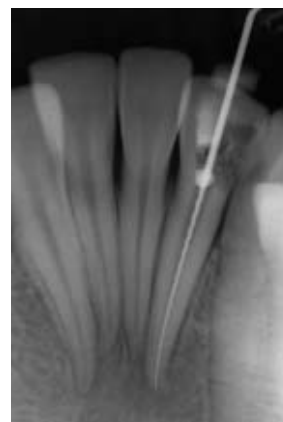


Rtg 1 a 2.

Kazuistika č. 2.

Tato kazuistika je zajímavá neobvyklou délkou zubu 42 a posiluje význam apexlokátoru.

Pacient, mladý muž, 17 let, trpěl kolemčelistním zánětem ve formě abscedující periostitis bradové krajiny mající příčinu v gangrenosně změněné dřeni zubu 42. Po trepanaci, dekontaminaci kanálku a chirurgicko-antibiotické



Rtg 3–5.

terapii se stav rychle normalizoval. Bylo možné přistoupit k endodoncii, kde Curson a Black udávají délku tohoto zubu 21 mm, čili pracovní délku 20 mm, Berkovitz 23,5 (22,5), dr. Zima 21mm (20 mm). Ale při hloubce 23 mm apexlokátor nic nehlásil!

Rtg snímek s kořenovým nástrojem v hloubce 23 mm (rtg 3) ozřejmuje situaci, zub je prostě dlouhý, odhadem 26-27 mm. Apexlokátor dokonce nic nehlásí ani v hloubce 25 mm, teprve téměř na 26–26,5 mm hlásí blízkost apexu. Je zhotoven nový rtg snímek s kořenovým nástrojem v hloubce 26 mm (viz rtg 4). Apex zubu je lehce deviovaný, stejně tak apex zubu 32.

Léčení zubu vyžadovalo 2 návštěvy (včetně rtg, apexlokátoru, endodoncie, užití zásadité léčebné vložky), ve třetí proběhlo plnění zubu laterální kondenzací a výsledek ukazuje rtg 5.

Zub je asymptomatický, příslušná krajina čelisti klidná, pacient žádné potíže neudává.

Závěr z této kazuistiky: endodontické tabulky délky zubů nám nepomohou, apexlokátor se choval správně.

Kazuistika č. 3.

Běžná periodontitis jak ji známe z praxe, zde nebyl použit měřicí snímek, vycházelo se pouze z údajů apexlokátoru. Rtg snímek 6 zubu 45 po plnění laterální kondenzací. Stav není neúspěchem ale přece jenom užití měřicího rtg snímku by bylo přesnější.



Rtg 6.

Diskuze

Jedním z ústředních cílů vždy v endodoncii bylo znát správnou pracovní délku kanálku.

Proto různí autoři jako Curson a Black, Berkovitz a jini se snažili určit průměrnou délku zubů s návazností na endodonci⁹. Ještě přesněji se snažil zpracovat toto téma dr. Zima z Prešova v práci⁹. Přes veškerou snahu však bylo a je nutné považovat uvedená čísla jen jako orientační.

Rtg vyšetření zůstávalo a je i dodnes nejkorektnějším způsobem získání informace o zubu a jeho kanálku. Má však také své nedostatky, jak uvádějí Nečas a Brož⁵. Je tedy vhodné, žádoucí a příznivé mít více informací z krajiny apikální části kanálku a dentoelektrometrie tomu vychází vstříc.

Samotný princip dentoelektrometrie je jednoduchý, relativně bezpečný, nezatěžuje ionizujícím zářením a proto jak zahraniční autoři tak naši (Nečas a Brož) se pokoušeli sestavit apexlokátory v různých podobách⁶. V současné době existuje na trhu několik typů apexlokátorů zahraniční proveniencí avšak žádný český⁷.

Na základní otázku, zda má užití apexlokátoru význam, je možné odpovědět kladně.

Apexlokátor obecně je při své práci jednoduchý, rychlý a nepotřebuje zvláštní údržbu, jeho provoz není nijak náročný, je bezpečný pro pacienta za podmínek které byly zmíněny, je osvětlením endodontické terapie a zvláště v kombinaci s rtg vyšetřením znamená výrazný posun v endodoncii. Asi nejlepší je kombinace rtg přístroje u křesla s apexlokátorem. V celkem krátké době se projeví pozitivní výsledky v endodontické terapii a ošetřující získá větší jistotu v práci v koncové části kanálku. Předpokladem proto je získání určité zručnosti v práci s apexlokátorem, je to však pouze otázka cviku.

Autoři měli možnost pracovat po určitou, spíše kratší, dobu s apexlokátorem Raypex 4. Tento přístroj je ve stomatologické veřejnosti dosti známý, proto jsme ho použili jako určitý standard pro porovnání s námi vyvinutým prototypem, viz tabulka srovnání, věříme, že bude pro čtenáře zajímavé.

Autoři se domnívají, že vhodné jsou alespoň dva rtg snímky – prvý, měřicí se zavedeným nástrojem po stanovení pracovní hloubky užitím apexlokátoru. Je žádoucí se jasně ubezpečit o pracovní délce kanálku, zároveň tento snímek hraje i úlohu snímku diagnostického.

Druhý snímek, finální, je snímek po plnění kořenovou výplní.

Pro ukázané fyzikální principy se nelze na samotný apexlokátor zcela spolehnout. Byla uvedena možná falešně pozitivní i falešně negativní hlášení. Apexlokátor funguje na určitých fyzikálních principech, podmínky ve tkáni ale mohou být různé⁷. Přístroj má tedy pouze určitou, determinovanou spolehlivost svého sdělení.

Vzhledem k uvedeným skutečnostem a roli přístroje, která kolísá mezi pomocnou až významnou, jeho nepřilíživě složitě základní elektronice, se nám zdá cena apexlokátorů přehnaná. Apexsignalizátor vykazoval cenu elektro součástek maximálně 1500,- Kč. Princip Occamovy britvy může být někdy užitečný (hledání jednoduchosti a funkčnosti) a proto plně stačilo analogové zobrazení s dostatečnou informační hodnotou. Různé typy displejů jsme považovali za zbytečné, vyžadují totiž další speciální elektroniku a tedy i vyšší náklady, je však zřejmé, že užití displejů s různým modelováním situace je komerčně efektivní.

Provozní spolehlivost, míněno: poruchy, závady atd., byla a je velmi dobrá. Pouze bylo třeba vyměnit baterii, udržovat v dobrém stavu kabely a úchytky kořenového nástroje. Retní úchytky lze desinfikovat a sterilizovat jak chemicky tak horkovzdušně, jsou kovové.

Závěr

Autoři se pokusili přispět do praxe záchovné stomatologie. Zkonstruovali dva přístroje, tester vitality zubu a apexlokátor na základě vlastního zkoumání dané problematiky. Prioritním cílem bylo vytvořit jednoduché a bezpečné přístroje z dosažitelných elektronických sou-

Srovnávací tabulka obou přístrojů

RAYPEX-4

Funkce: Bateriový test

Automatická kalibrace

Zobrazení detailu apexu 1 mm

Postupná zvuková a světelná indikace

Ukázkový režim

Zdroj akumulátor

Zobrazení LCD display

Apexsignalizátor

Funkce: Bateriový test

Ruční kalibrace

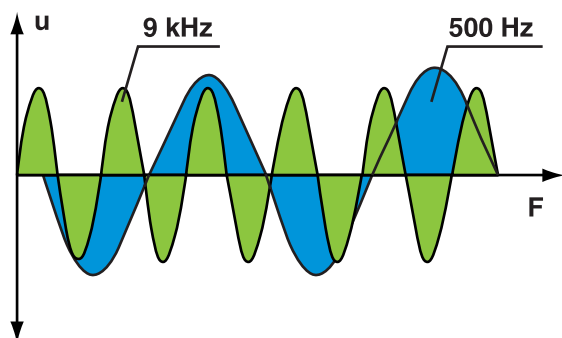
Zobrazení detailu apexu 1 mm

Zvuková a světelná indikace

Zdroj akumulátor nebo baterie

Zobrazení analogové (ručičkové)

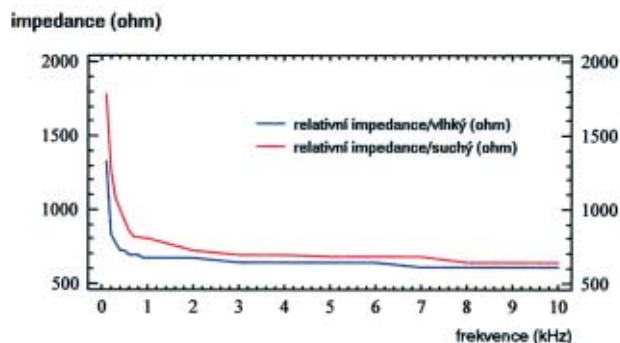
Přístroj používá dvě frekvence. Jeden kmitočet nižší o frekvenci zhruba 500 Hz a druhý vysoký o frekvenci 9 kHz. Vyšší frekvence je připínána v rytmu 500 Hz, to navozuje domněnku, že nižší frekvence se využívá pro synchronizaci.



Proč dvě frekvence ?

Literatura uvádí, že takto lze odstranit parazitní od-pory (vlhkost) a to umožňuje přesnější detail v oblasti apexu. Pokus na lipidoproteinovém derivátu ukázal, že při frekvenci o hodnotách kilohertzů a vyšších se vliv kapaliny takřka neuplatňuje. Domníváme se, že vyšší frekvence se využívá pro měření k foramen anatomicum. Zde dochází k prudké změně impedance a začíná se využívat nižší frekvence, to umožňuje elektronice přístroje technicky lepší a přesnější měření s prezentací elektrické informace.

Přístroj používá pouze jednu frekvenci 8,5 KHz. Velká citlivost ručičkového měřidla a operační zesilovače umožňují docílit stejné citlivosti jako u Raypexu 4. Důležitou roli hraje fakt, že při vyšších frekvencích se vlhkost (její impedance) uplatňuje zanedbatelně.



Přístroj pracuje podobně jako Raypex 4 se střídavým sinusovým napětím. Toto napětí je zesíleno a převedeno na impedance. Napětí je porovnáváno s nastavenou kalibrací. Jestliže se hodnoty budou rovnat, komparátor se překlopí a spustí se signalizace. Lze říci, že přístroj je funkčně srovnatelný s přístrojem Raypex 4.

Relativní nevýhoda:

Ruční kalibrace.

Relativní výhoda:

Jednoduchý ručičkový ukazatel stačí pro naše potřeby, speciální displeje nejsou nutné. Navíc pohyb ručičky ihned indikuje vznik elektrického obvodu.

částek s provozní spolehlivostí a dobrou vypovídací funkcí. U testeru byla práce jednodušší, apexlokátor představoval o něco obtížnější problematiku.

Autoři se snažili podle svých vědomostí podat a doplnit fyzikální principy s přímým napojením na stomatologii, které v zatímní odborné literatuře chyběly a tak přispět k lepší orientaci širší stomatologické veřejnosti v problematice abychom nebyli jen prostými konzumenty informací a výrobků firem podnikajících ve stomatologii.

Forma článku je volena jako přehledný popis toho, jak bylo postupováno, ve snaze o co nejlepší pochopení práce a konzistentnost textu. Detaily práce, měřicí přístroje, podrobnosti, přesná elektrická schémata, literaturu, mají autoři.

Další osud obou přístrojů záleží na tom, zda se najde elektrotechnická firma ochotná oba přístroje převzít, vyrábět a třeba i vylepšit.

Literatura

1. Feynman, Leighton, Sands : Fyenmanovy přednášky z fyziky - díl 2, *Fragment Praha*, 2001.
2. Hrazdír, I. a kol., : Biofyzika – učebnice pro lékařské fakulty, *Avicenum*, 1990.
3. Klepáček, I., Mazánek, J.: Klinická anatomie ve stomatologii, *Grada Publishing, s. r. o.*, 2001
4. Macháček, M.: Encyklopedie fyziky, *Mladá fronta a Fond AV ČR pro vydávání vědecké literatury*, 1995.
5. Nečas J., Brož M.,: Měření pracovní délky kořenového kanálku elektrometrickým přístrojem vlastní konstrukce, *PZL 35*, 6, 1987
6. Raypex 4, informační materiál firmy VDW.
7. Roubalíková, L.: Apexlokátory, *Progresdent*, č. 1/2002.
8. Svoboda, E. a kol.: Přehled středoškolské fyziky, *SPN Praha*, 1991.
9. Zima J.: Nové priemerné hodnoty celkovej dĺžky zubov, *PZL 34*, 10, 1986.