

## **Silikony v moderní endodoncii.**

Autoři: MUDr. Ladislav Záruba, privátní praxe Česká Lípa  
Mgr. Jiří Škoda, katedra chemie, Pedagogická fakulta UJEP Ústí nad Labem

### **Souhrn:**

Autoři interpretují svůj pohled na problematiku kořenových výplní užívaných v poslední době v endodoncii. Je podán určitý přehled kořenových výplní s ohledem na jejich chemické a biologické vlastnosti a jsou hodnoceny z hlediska praxe. Autoři diskutují pojem „terapeutický účinek kořenové výplně“, probírají již nepoužívanou kořenovou výplň Foredent a zveřejňují své kritické poznámky týkající se zinkoxideugenolových a pryskyřičných (epoxidových) sealerů.

Autoři zdůrazňují prioritu biologického vnímání celé problematiky.

Na základě analýzy požadavků kladených na vlastnosti takového materiálu se pokusili vyvinout vhodný typ kořenové výplně.

Autoři podávají základní charakteristiku materiálu s ohledem na složení, na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Sdělují také své zkušenosti při aplikaci v modelových situacích. Závěrem konstatují, že tento materiál za předpokladu dalších pozitivních výsledků předepsaných testů by mohl být vhodnou kořenovou výplní.

### **Úvod**

Použití kořenové výplně v endodoncii vždy korespondovalo s úrovní stomatologie a jejími možnostmi v daném období. V širším kontextu také odpovídalo úrovni medicínského a přírodovědného poznání ve společnosti své doby.

V druhé polovině 19. století Louis Pasteur a Robert Koch a mnoho dalších vynikajících přírodovědců založilo nové odvětví medicíny – mikrobiologii. Jejich vytrvalá práce, nálezy, poznání a interpretace patologických dějů, následné dopady pro lékařství, to vše způsobilo takový myšlenkový a praktický posun, jaký neměl v dějinách medicíny obdoby (16). Stomatologie nezůstala pozadu. Využitím Listerova aseptického pracovního postupu začíná období aseptického ošetření zubů (Parreidt 1869), (19).

Z praxe nálezy gangrén zubní dřeně a zánětů periodoncia atd. již dříve jasně ukazovaly na důležitou účast mikroorganismů v patogenezi. Američan Willoughby Dayton Miller – v podstatě Kochův žák, uveřejňuje výsledky svého bakteriologického zkoumání v roce 1889

a 1890 a zavádí tak daleko nejvýznamnější teorii zubního kazu (chemicko parazitární) do obecného odborného povědomí (16).

Lékaři té doby dokázali problematiku dobře ujasnit a definovat, avšak účinnost endodontické terapie zůstávala stále nízká, nedařilo se účinně kanálek mechanicky očistit, dekontaminovat a řádně utěsnit (19). Cravens (1880) odmítal antiseptika, protože poškozovaly pojivovou tkáň, byl to přístup akceptující biologické hledisko, tj. nepoškozovat při ošetření okolní tkáň (19).

Kolem roku 1920 se Hermann snažil o definitivní výplň kořenového kanálku pomocí hydroxidu vápenatého (15). Docílil vynikající dekontaminace, zuby takto ošetřené se zklidnily, bolesti odeznívaly, ale úspěch měl jen dočasný, protože se výplň tohoto typu v kanálku po nějaké době rozpustila a kanálek zůstal prázdný. Z pohledu dnešní doby zřetelně vidíme Hermannův paradox, dokázal se výborně vypořádat s mikroorganismy, dokonce i zlepšil podmínky pro reparaci periapexu, ale úspěch si nezajistil správnou definitivní kořenovou výplní. Jako jiní lékaři tak narazil na vleklý problém endodontické terapie, se kterým se s větším či menším úspěchem potýkáme dodnes – je to těsnost (= hermetičnost) kořenové výplně, a stálost v kanálku. Jen materiál, který těsní ke stěně kořenového kanálku (a je homogenní), a zároveň uzavírá celý objem kanálku (ať už sám či s pomocí gutaperčových čepů), který takto vydrží nezměněn po dlouhá léta, jen takový materiál může aspirovat na roli úspěšné kořenové výplně. Uvedeným postupem je zabráněno nové infekci kořenového kanálku a periapexu a může tedy dojít k nerušené reparaci periapikální tkáň.

### **Kořenové výplňové materiály**

Problematika kořenové výplně je vlastně problematikou vhodného materiálu užívaného v biologickém prostředí, tj. přísně vzato - v prostředí živé tkáň, i když víme, že zub se svým kanálkem a jeho výplní tvoří od ostatní tkáň relativně izolovanou soustavu. Nemůžeme však vyloučit, že se kořenová výplň protlačí postranními kanálky (např. při laterální kondenzaci), a přes foramen apicale do okolí, a bude v nějakém kontaktu se živými buňkami tkáň. Jde tedy o problematiku implantátu v živé tkáni (3). Naprosto klíčová je tedy: inertnost, tj. nereaktivnost, stálost, - což má být základní vlastnost jakéhokoliv implantátu aplikovaného do živé tkáň (3). Tato synonyma vlastně mluví o jedné a téže věci. Materiál o uvedených vlastnostech má být v biologickém prostředí naprosto nereaktivní, nic do prostředí neuvolňuje ani z prostředí nic nepřijímá, pouze existuje a jako takový je buňkami vnímán pouze jako cizí těleso s možnou reakcí vazivového opouzdrnění. Co určuje takové vlastnosti? Jsou to chemic-

ké charakteristiky dané látky, z nich je pak odvozeno vše ostatní (1). Objemová stálost takového materiálu je samozřejmá - odvozená ze základních charakteristik (1).

Celá řada autorů se pokusila o výčet požadovaných vlastností materiálu. Autoři jako Wanemacher, Ketterle, Grossman a jiní, z různých hledisek sestavili vlastnosti, doporučení a charakteristiky kořenového výplňového materiálu. U nás dobře známý dr. Sedelmayer ve svých endodontických přednáškách shrnul požadavky na takový materiál do tří oddílů, tj. požadavky A – biologické, B – fyzikální, C – praktické. Takové třídění je logické, přehledné a hlavně to je dobré východisko pro další úvahy. Schéma dr. Sedelmayera je doplněno tabulkou s používanými kořenovými materiály. Je konstatováno, že žádná z kořenových výplní nespĺňuje všechny požadavky. Grossmanova doporučení jsou uvedena v literatuře (4) a vcelku výstižně konstatuje autor „Učebnice praktické endodoncie“, že „...je patrné, že jen velmi obtížně budeme hledat ideální kořenový výplňový materiál“ (4).

Je tedy důležité dobrat se nějaké podstaty záležitosti a teprve od ní problém postupně řešit. Materiál by měl být hodnocen fyzikálně ( před ztuhnutím a po ztuhnutí), po stránce chemických vlastností ( opět před ztuhnutím, při tuhnutí a po ztuhnutí), biologicky, nakonec je stránka praktická, tj. stomatologické pracovní vlastnosti. Nesmíme však opomínat i další skutečnosti:

1. Malý důraz se kladl na chemické vlastnosti materiálu. Významem jsou zcela dominující. Na základě těchto vlastností, v interakci s biologickým prostředím, pak vyplývají vlastnosti biologické (biokompatibilita ano či ne, atd.).
2. Materiál by měl být také jednoduchý a nekomplikovaný. Funkčně i strukturně. Čím více různých složek obsahuje, tím více stoupá možnost nežádoucí biologické reakce.
3. Materiál může mít nežádoucí účinky časně, pozdní a alergické:
  - a) časně účinky se týkají především toxicity materiálu,
  - b) pozdní účinky se týkají možných mutagenních a kancerogenních efektů, které v dnešní době musíme sledovat zvlášť pečlivě a pozorně.
  - c) alergické účinky – různě intenzívně vyjádřené, časně i pozdní (12).

Při pozorném přezkoumání uvedeného vyvstává zřetelně základní požadavek na takovou hmotu, tj inertnost materiálu (1,3). Bude-li materiál inertní (nereaktivní) začne téměř automaticky vyhovovat celé řadě kritérií uvedených literaturou (3,4).

Při této příležitosti se nelze nezmínit o tzv. **léčebném (terapeutickém) účinku stálé kořenové výplně** (7,11,19,20). V určité době někteří naši přední endodontisté hovořili o žádoucím léčebném efektu kořenové výplně. Tento efekt měl být dlouhodobý a pokud možno silný

– navožený kořenovou výplní (7,11,19,20). Hovořilo se o tom, že je vhodná určitá iritace, která přiměje buňky periapexu k reparačním pochodům. Kořenová výplň měla být lékem, který vyléčí periapikální nález a zajistí zub na dlouhou dobu. To je jistě ušlechtilý cíl, avšak jakými prostředky se dosahoval? U nás od šedesátých let užitím formalin resorcinové polykondenzační pryskyřice Foredent (7,11). Tento materiál naši lékaři dobře znají. Autora stomatologické části této práce vícekrát překvapil klinický nález zubu přeléčeného Foredentem, bez výplně v korunkové části zubu (výplň vypadlá, frakturovaná, s velkým defektem, atd.), tj. prakticky zub otevřený s téměř zejícím kanálkem – ale bez bolestivých příznaků, klidný, periapikálně bez nálezu, či jen s malým, nezřetelným nálezem. V kanálku byl jasně přítomný Foredent se svým typickým zabarvením a dokonce ani příliš netěsnil. Zuby byly v tomto stavu dlouhou dobu, někdy i léta. Jak bylo možné, že netěsnící kanálek nevedl k reinfekci? Jak bylo možné, že pacient neměl bolestivé obtíže? Odpověď byla pouze jediná: účinek Foredentu je natolik toxický, že ani v otevřeném zubu, v zejícím kanálku, nemohou patogeny přežít a tudíž se nedostanou do periapexu k vyvolání patologického děje. Nakonec to potvrdila i literatura (10,11,14). A jak snášely Foredent buňky tkáně periapexu? Odumíraly zrovna tak jako mikroorganismy či buňky tkáňových kultur (5,10,11,14). Naši pacienti často mívali po aplikaci Foredentu doprovodnou menší či větší bolestivou symptomatologii, kterou jsme řešili Soluxem a analgetiky. Příčinou byl unikající plynný formaldehyd. Protože ale buňky tkání in vivo jsou, na rozdíl od buněk tkáňových kultur in vitro, odolnější (větší masa buněk, extracelulární tekutina, perfúzní tlak tkáňové tekutiny atd.), po nějaké době odeznění časných efektů Foredentu (rozuměj poklesu toxické koncentrace formaldehydu) nastala zvolna reparace tkáně (vymizelo periapikální ložisko).

Foredent byl zásluhou unikajícího formaldehydu na tkáňových kulturách vždy silně cytotoxický (5,11,14). Tento fakt byl jistě známý po celou dobu existence Foredentu, avšak důsledky nebyly dovozovány. Pak nastoupily účinky pozdní – dnes to již víme – ale ani v minulosti to neměl být zvláštní problém dovodit, že Foredent vlivem uvolňujícího se plynného formaldehydu je i jasně mutagenní, kancerogenní i alergizující (8,11,18). Taková byla cena za přeléčený zub či vyhojení periapikálního nálezu.

I zahraniční endodontické školy měly s pochopením a užitím formaldehydu v kořenových výplních ve stomatologii své problémy, avšak řešily tento problém podstatně dříve.

Zmínili jsme se o Foredentu podrobněji, protože tento materiál ovlivnil jistě téměř jednu celou generaci našich stomatologů a je to záležitost ještě v živé paměti nás všech.

Kromě toho sám pojem „terapeutický účinek“ stálé kořenové výplně v sobě nese rozpor, kořenová výplň, která ze sebe uvolňuje nějakou látku ovlivňující okolí, nemůže být stálá a homogenní. Pouze to po nějakou dobu více či méně úspěšně imituje.

Další zástupce skupiny léčebných kořenových výplní s formaldehydem uvádí literatura (4), náš názor je, že všechny materiály s obsahem formaldehydu je nutné odmítnout. Vznikající pryskyřice na formaldehydové bázi mají totiž tendenci stárnutím odštěpovat z koncových skupin polymerních řetězců plynný formaldehyd, který je absorbován tkání a působí na ni popsáním způsobem (tj. toxicky, kancerogenně, mutagenně i alergogenně) (8,11,12,18). Z uvedeného je zřejmé, že pryskyřice tohoto typu ztrácejí stárnutím svou homogenitu v kanálku, objevuje se určitá porozita, kvalita utěsnění je nejasná, zato formaldehydový „terapeutický efekt“ je dlouhodobý.

O respektování biologického hlediska se nedá v žádném případě hovořit.

Kombinace definitivního kořenového materiálu s kortikoidy také není vhodná. Kortikoidy svými efekty vlastně tlumí žádoucí fibroproduktivní zánět v periapexu. Po vyřešení problému akutní fáze zánětu zubní dřeně a periodoncia – odstraněním noxy, dekontaminací, rozšířením kanálku, tj. řádnou endodoncií, právě potřebujeme uvedený typ reparativního zánětu. Z uvedeného kontextu je zřejmé, že užití takto biologicky aktivní složky v kořenové výplni (bude uložena v zubu po dlouhou dobu) není opodstatněné a je na závalu. Dále, zřejmou rozpustností ztrácí taková kořenová výplň svou homogenitu i hermetičnost. Jiná věc je krátkodobé užití kortikoidu v akutní fázi pro odeznění silné bolesti (užití Ledermixu). Tato záležitost však není předmětem této práce.

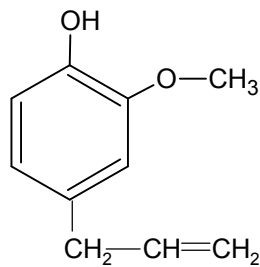
### **Gutaperča**

Podrobně a přehledně ji charakterizuje literatura (4). Má dlouhou a vcelku úspěšnou historii v endodoncii. Právě zásluhou své inertnosti je stále žádoucím kořenovým materiálem, buď samostatně či v kombinaci s kořenovými sealery, v aplikaci různých endodontických plnicích technik (4).

### **Zinkoxideugenolové cementy**

Jsou populární a oblíbené, avšak je třeba jasně upozornit na jejich zápory: Špatně tuhnou, jsou porézní v kanálku, je otázka jak vůbec těsní a adherují (lepí) v kanálku, obtížněji se do nich vkládají jemnější gutaperčové čepy, drobí se po ztuhnutí, jejich mecha-

nická odolnost je nízká. Lze k nim mít výhrady i z hlediska biologické kompatibility. Eugenol je chemicky 4-allyl-2-methoxyfenol:



Už z této struktury je patrné, že je zde aromatické jádro (a vzpomeňme na podezření z kancerogenity u řady aromatických sloučenin) poměrně nestabilní a reaktivní allyl se svoji nenasycenou vazbou a navíc kyselý vodík fenolicky vázaného hydroxyly (8). O inertnosti a stálosti této sloučeniny nelze z chemického hlediska vůbec hovořit. Je třeba ale říci, že fenoly (do jejichž obecné skupiny eugenol patří) mají baktericidní účinky. Účinek fenolů na mikroorganismy a rovněž tedy jejich toxicita jsou závislé především na počtu a charakteru jednotlivých substituentů. Vliv substituce fenolů se liší podle toho, zda má vázaný substituent hydrofilní nebo lipofilní charakter, jinými slovy, zda je polární či nepolární. Lipofilní, nepolární, substituenty zvyšují antibakteriální účinek, ale také toxicitu. A to je případ eugenolu, jehož substituenty (zejména allyl) patří právě do skupiny lipofilních substituentů. Právě zásluhou eugenolu je materiál na tkáňové kultuře v určitém rozsahu cytotoxický (6,8,13,14). Z biologického hlediska lze tedy přijmout krátkodobé, dočasné působení eugenolu pro jeho antibakteriální a antimykotický efekt, jeho použití jako trvalé, a tedy dlouhodobé, kořenové výplně však rozhodně nelze z výše uvedených důvodů doporučit.

Cytotoxicita je spíše kontaktní než totální, ale je to látka jasně nefyziologická. Důkazem toho je silný analgetický účinek fenolů (= analgetický účinek zinkoxideugenolových cementů), který je vlastně způsoben tím, že fenoly jsou protoplazmatické jedy (9).

Shrnutí: tento materiál je k endodontickému účelu nevhodný.

### **Zinkoxidfosfátové cementy**

Zde jsou mechanické vlastnosti lepší ale: rychle tuhnou, nemáme jistotu zda hermeticky uzavřou kanálek, celkem dobře adherují (lepí) ke stěně a tudíž se později špatně odstraňují z kanálku – kanálek je zacementovaný, revize obtížná. Gutaperčové čepy, kterými bychom si přáli vytvořit cestu pro případnou budoucí revizi (a více utěsnit kanálek), se do tuhnutí

cementu vkládají špatně. Ve vodném prostředí se materiál rozpouští, je však třeba uznat, že někdy cementové výplně vydrží v ústech v dobrém stavu překvapivě dlouhou dobu.

Shrnutí: je to starý dobrý materiál v případech resekcce kořenového hrotu, biologicky neškodný, avšak přece jenom poněkud zastaralý a pro kořenovou výplň méně vhodný (4).

### **Zinkpolykarboxylátové cementy**

Biologicky dobrý materiál, výborně adhezuje (lepí). Zápory: obtížnější aplikace, opět se špatně odstraňuje, užití čepů obtížné, revize obtížná, ve vodném prostředí se rozpouštějí.

Shrnutí: Je to pouze o něco lepší varianta předchozího materiálu, užití pro endodoncii je možné s akceptací uvedených nevýhod (4).

### **Skloionomerní cementy**

Literatura (4) uvádí vlastnosti ze kterých možno soudit, že užití endodontické je možné ale ne ideální.

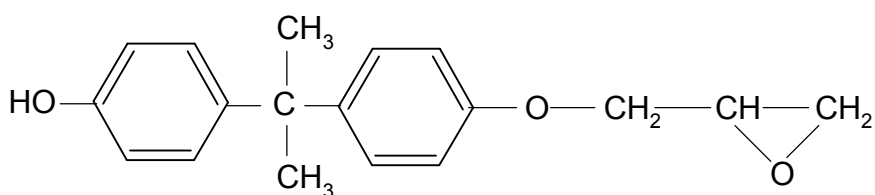
### **Kalciumhydroxidové kořenové tuhnutí pasty**

Základní nevýhodou je jejich rozpustnost ve vodném prostředí (viz poznatky o základní chemii hydroxidu vápenatého). Rozdíl je v tom, že je zde doba rozpustnosti ještě delší. Z uvedeného je zřejmé, že tyto materiály se hodí jako provizorní kořenové výplně či pro možné dlouhodobé léčení periapikálního nálezu.

Shrnutí: Naprosto nesplňují podmínky pro definitivní kořenovou výplň, ale právě zde by se dalo uvažovat o určitém léčebném efektu takových látek s hydroxidem vápenatým na periapex (protože se materiál pomalu rozpouští, má dobré biologické vlastnosti a navozuje v periapexu mírné zvýšení pH) (4,15).

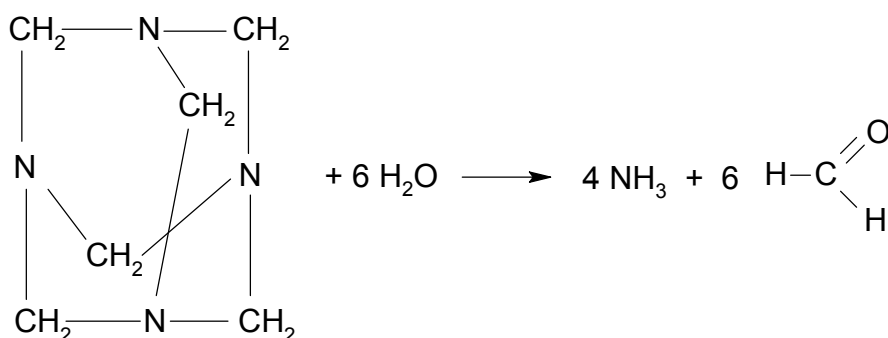
### **Pryskyřičné kořenové výplně**

Viz lit.(4) – hlavní složkou je epoxidová pryskyřice. Mnoho našich lékařů má vcelku dobré praktické zkušenosti s AH 26 v kombinaci s gutaperčovými čepy. Základem těchto pryskyřic jsou polykondenzací vzniklé oligomery, které se zesítují pomocí různých činidel, např. aminů. Problematičnost epoxidových pryskyřic je třeba hledat už v samotných látkách, ze kterých se tento typ kořenové výplně připravuje. V konkrétním případě AH 26 kapalina obsahuje vlastní lineární řetězec s koncovou epoxidovou skupinou:



Kyslík v této skupině je poměrně značně reaktivní, má velkou tendenci se odštěpovat a chová se pak vlastně jako volný kyslíkový radikál  $\bullet O$ , který má značný destruktivní účinek zejména na molekuly biopolymerů (proteiny, nukleové kyseliny...) Kyslíkový radikál vykazuje tedy značnou toxicitu pro živé tkáně. Pro ilustraci uvedme, že právě kyslíkový radikál je příčinou toxicity chlornanů či ozonu, které jej rovněž odštěpují.

Další problematickou složkou AH 26 je hexamethylentetramin (urotropin), který má funkci síťovadla. Účinkem vlhkosti, ať už vzdušné nebo tkáňové, hydrolyzuje, přičemž se uvolňuje amoniak a formaldehyd:



Obě látky vznikající hydrolyzou urotropinu je třeba z hlediska biokompatibility důrazně odmítnout. Jak ukázaly publikované výzkumy, je sice únik formaldehydu v případě AH 26 menší než u Foredentu (10), projevuje se však totožným toxickým účinkem. Dráždivost pasty AH 26 je maximální zejména v počáteční fázi, kdy dochází k zesíťování a obě „stavební“ složky pryskyřice jsou dosud přítomny i ve vzájemně nezreagované formě! Nicméně určité množství amoniaku a formaldehydu je odštěpováno i později v důsledku stárnutím zapříčiněné degradace polymeru.

Výrobce AH 26 udává jako složku prášku i stříbro Ag, které funguje zřejmě jako katalyzátor zesíťování. Rovněž k této komponentě máme výhrady, neboť stříbro je reaktivnější a hůře



biologicky snášeno, než např. platina, která se používá jako katalyzátor síťování v případě adičních silikonů.

Studie na tkáňových kulturách ukazují určitou toxicitu starší varianty epoxidového sealeru (tj. AH 26) (10,14), a autorky práce (2) konstatují silnou cytotoxicitu novějších zkoušených pryskyřičných sealerů. Další nevýhodou epoxidových sealerů jsou jejich silné alergizující a mutagenní vlastnosti (2), na nichž se výrazným způsobem podílí unikající formaldehyd (8,14,18.). Novější varianty epoxidů (AH Plus), sice neobsahují jako síťovadlo urotropin, který je zdrojem formaldehydu, nicméně obsahují jiné vícesytné aminy, takže nepříznivého efektu unikajícího amoniaku nejsme zbaveni ani v tomto případě. Při proniknutí epoxidu do periodontia ať už postranními kanálky či přes foramen apicale dokazují rtg snímky, že materiál po čase mizí, buď je štěpen nebo je fagocytován. Obojí je biologicky těžko přijatelné, protože takto jsou kontaminovány další populace buněk v organismu. Tradice 40 let, o které se někdy mluví v souvislosti s těmito epoxidovými sealery, nemusí být tedy výhodou.

Shrnutí: Nehledě na velmi dobré těsnící a manipulační vlastnosti je to z biologického úhlu pohledu materiál velmi podezřelý, pravděpodobně již zcela zřejmě nesplňující požadavky na kořenový inertní biokompatibilní materiál.

### **Silikony (siloxany)**

Při hledání možností, jak řešit problematiku kořenové výplně, jsme si všimli skupiny silikonů v chemii (1). Tyto látky mají některé pozoruhodné vlastnosti. Chemicky jsou mimořádně odolné a inertní. Bobtnají v organických rozpouštědlech, neodolávají silným kyselinám a zásadám, s těmito látkami se však v živých soustavách nesetkáváme. Ve vysokém rozmezí teplot a tlaků vykazují velmi konstantní vlastnosti, např. viskozitu, pozn. silikonová pasta je tixotropní. Díky své inertnosti jsou rovněž biologicky výborně snášeny.

Jejich užití v medicíně a ve stomatologii má již svou historii (1,3,17). Aplikace v medicíně je široká a významná (např. hrudní implantologie) (3), věnujme se však stomatologii. Běžně užíváme silikonové otiskovací hmoty a dokonce existují i silikonové kořenové výplně (4,17), tak i výplně korunkové části zubu se silikonovou (siloxanovou) složkou. Literatura (4) uvádí kořenový materiál Endofill. Dalším materiálem je polydimethylsiloxan Roeko Seal Automix firmy Roeko. Jiní tedy uvažovali stejně a kořenové výplně tohoto typu jsou na trhu. Existuje tedy v této problematice ještě možnost něco vylepšit ?

Navázali jsme kontakty s firmou **Lučební závody Kolín, a.s.** ([www.lucebni.cz](http://www.lucebni.cz)). S vývojovým oddělením této firmy jsme spolupracovali na vývoji silikonu vhodného pro uva-

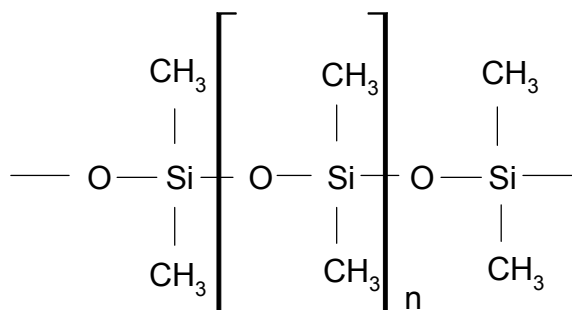
žované využití (biologické vlastnosti a zpracovatelnost v praxi atd.). Představujeme tedy výsledky našeho společného snažení.

### Základní popis materiálu

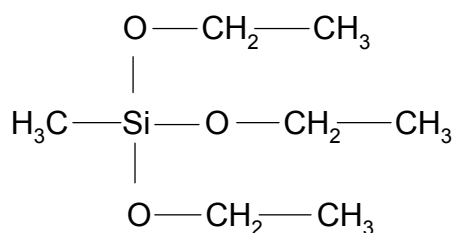
Jedná se o bílou hmotu, konzistence nestévkavé pasty, na podložce se nerozlévá, ulpívá na podložce. Silikonový tmel má obecně, díky svému složení, vynikající adhezi ke sklu, keramice a podobným materiálům. Po ztuhnutí lze hmotu oddělit od podložky jen mechanicky značným úsilím, po ztuhnutí má charakter elastické pryže, na řezu bílé, homogenní, hydrofobního charakteru, tj. hmota je naprosto nesmáčivá (v našich podmínkách významná vlastnost).

Detailní složení tohoto prototypu je věcí výrobce, můžeme však jistě sdělit:

a) základní hmotou jsou lineární polydimethylsiloxanové řetězce:



b) tyto řetězce jsou zesíťovány síťovadlem, kterým je methyltriacetoxysilan:



c) jako rentgenkontrastní látka je v silikonové hmotě obsažen síran barnatý.

Hmota vulkanizuje (tuhne) polykondenzační reakcí, katalýza probíhá vzdušnou či tkáňovou vlhkostí, kdy dochází k hydrolyze molekul síťovadla. Nastartuje se řetězová reakce, kterou dochází k spojování lineárních řetězců s tvorbou trojrozměrné sítě. Při síťování hydrolyzou molekul síťovadla vzniká kyselina octová (acetát), proto je také lehce cítit pach octa při čichovém vjemu hmoty. Jde tedy o acetátový typ vulkanizace. Zápach však zmizí, když je reakce ukončena, tj. tmel provulkanizován (ztuhlý) v celé hmotě, tj. za 12-24 hod. Výsledné

pH je neutrální. Tento prototyp silikonové kořenové výplně dostal firemní označení **Lukopren S 0510**. Je konstruovaný tak, aby obsahoval jen nezbytně nutné komponenty pro funkci, kterou potřebujeme. Riziko nežádoucí biologické reakce je eliminováno na minimum.

Při teoretické analýze problematiky silikonů i uvažovaného materiálu jsme nezjistili nic co by mohlo vést k biologicky nežádoucím účinkům (1,3).

Obecně mohou silikonu tuhnout buď polyadici (což je případ hmoty RSA firmy Roeko) nebo polykondenzačně, jako je tomu u tmele Lukopren S 0510 firmy Lučební závody Kolín, a.s. Adiční produkty mají výborné objemové vlastnosti, ovšem užívají jako katalyzátory polyadice sloučeniny platiny. To také znamená vyšší cenu těchto hmot. Rovněž z hlediska toxicity je na sloučeniny platiny nutno pohlížet mnohem méně příznivěji, než na námi zvolený typ síťovadla. Platina je těžký kov, značně nereaktivní, avšak není to látka fyziologická. Zatímco Lukopren S 0510 při vulkanizaci uvolňuje pouze acetát – biokompatibilní a fyziologickou sloučeninu, která je buňkami snadno metabolizovatelná. Uvolňování kyseliny octové trvá, jak je zřejmé z textu, po dobu vulkanizace 12-24 hod.

Logickou otázkou je, zda během síťování nedochází k objemovým změnám, tedy ke kontrakci hmoty. Tento typ silikonového tmele však neobsahuje látky, které by z něj těkaly a tím zmenšovaly jeho objem. Při práci na extrahovaných zubech plněných tímto prototypem jsme žádnou kontrakci nepozorovali, silikon, pevně ztuhlý, adheroval ke stěně kanálku. Vulkanizace nemá žádný vliv na adhezi silikonové hmoty ke stěnám kanálku, vzhledem k nulovému smrštění materiálu. Rovněž průmyslové zkušenosti ukazují, že kontrakce hmoty při tuhnutí se není třeba obávat.

Zhodnotme si nyní navržený prototyp silikonové kořenové výplně z hlediska modifikované klasifikace podle dr. Sedelmayera.

### **Chemické vlastnosti**

Základní vlastnost je inertnost, nereaktivita s okolím. Silikon zůstával dlouhé týdny v prostředí roztoků o biologicky extrémním pH 3 a 12 naprosto nezměněný, konzistence i homogenita stále stejná, ve vodě nerozpustný, silně hydrofobní.

### **Biologické vlastnosti**

Jsou postaveny na uvedených chemických vlastnostech, pomineme-li extrémní podmínky, např. vysoká teplota 200 – 300 st. C. Tolerance tkáně by měla být velmi dobrá. Možná není ani fagocytóza, protože silikon se nerozděluje na menší partikule (hydrofobnost, vysoké povrchové napětí) celá hmota je kompaktní, makrofágy (a ani jiné eukaryotní či prokaryotní buňky) nemají enzymatické mechanismy, kterými by hmotu silikonu nějak atakovali. Chemickým

důvodem tohoto faktu je, že v molekule vulkanizovaného silikonu není žádné reakční nebo instabilní centrum.

### **Biologický test**

Provedli jsme biologický pokus imitující studii na tkáňové kultuře. V našich podmínkách nemáme tkáňové kultury, použili jsme tedy prokaryotní buňky (= bakteriální kmeny) běžně dostupné v mikrobiologické laboratoři. Jako srovnávací materiál byl použit zinkoxideugenolový kořenový materiál Root Canal Sealer (Pulpdent). Metoda byla analogická stanovení citlivosti mikroorganismů k antibiotiku, tj. vložení papírového sterilního disku (průměr 6mm) s testovaným materiálem na bakteriální kulturu. Po definované době kultivace byly změřeny inhibiční zóny. Silikon vykazoval na 6 kmenech zóny po 3x6mm a po 3x8mm, tzn. 3x v šířce papírového disku (v podstatě bez zóny inhibice) a 3x měly disky zónu 2mm. Pulpdent vykazoval inhibiční zónu 1x20mm, 2x16mm, 2x14mm, 1x8mm.

Zdržujeme se interpretace tohoto biologického testu a považujeme ho pouze za orientační. Skutečná biologická hodnota tohoto materiálu se ukáže v přísně definovaných podmínkách pokusu na tkáňové kultuře. Detaily provedeného biologického testu mají autoři.

### **Fyzikální vlastnosti**

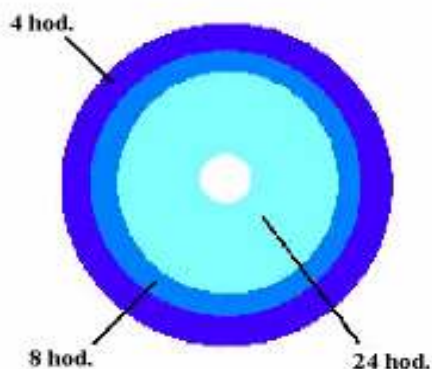
Navržený prototyp silikonové kořenové výplně je: bílá pasta, která po zvulkanizování přechází v elastickou pryž, která se dá dobře opracovávat kořenovými nástroji, jak ručními tak rotačními, tzn. z kanálku ji lze dobře odstranit, i když v poslední fázi – v apikální třetině kanálku je nutné mít při práci ručními nástroji několik minut trpělivosti, vzhledem k výborné adhezi materiálu (vždyť proto se také silikony využívají jako tmely a lepidla).

Důležitá informace - silikon má špatnou adhezi k mokrému podkladu (je hydrofobní!), tzn. kanálek musí být při aplikaci materiálu suchý, silikon sice tuhne ve vlhkém prostředí (např. v kelímku s vodou) bez obtíží, avšak bude špatně adherovat k vlhkému povrchu. To je třeba vzít na vědomí.

### **Praktické stomatologické vlastnosti**

Pracovní čas činí 10 –15 min. Po 20 minutách se na povrchu výplně utvoří nejdříve slabý povlak, který fixuje povrch a postupně časem dochází reakcí s vlhkostí k provulkanizaci (ztuhnutí) směrem do hloubky.

Přibližnou představu o tuhnutí hmoty v kanálku poskytuje následující modelový obrázek:



Radioopacita: rtg snímky této kořenové výplně ukazují zřetelnou radioopacitu na modelových zubech.

Aplikace: po nanesení vrstvy potřebné hmoty např. na třecí sklo se aplikuje silikon do zubu rotačním plničem adekvátní velikosti, spíše po menších porcích (kvůli přehlednosti), spíše rychlejšími otáčkami plniče (aby se hmota natlačila do kanálku). Užití gutaperčových čepů je vhodné (ale není podmínkou), přitěsnění ke stěně kanálku se ještě zlepší, silikon se natlačí do postranních kanálků a ramifikací. Aplikací čepů se také posílí rtg kontrastnost kořenové výplně. Důležité je, že konzistence hmoty neklade čepu odpor a lze vkládat čepy o ISO 20, 25 atd., tedy i značně jemné.

Metoda laterální kondenzace se bude pro tento silikonový sealer patrně hodit velmi dobře. Kombinací gutaperčových čepů se silikonovým sealerem bude možné docílit velmi spolehlivého utěsnění kanálku. Přebytný neztuhlý materiál lze odstranit smotkem vaty. Nástroje je užitečné smočit v lihobenzinu, silikon na ně tolik nechytá, jdou pak lépe očistit.

Možná pozdější preparace kanálku na kořenovou nástavbu znamená užití Gatesových či Largo vrtáků bez problémů. Zacházení s tímto silikonem nevyžaduje zvláštní instrumentarium. Je vhodné pracovat tak, aby hmota silikonu (případně i s hmotou čepu) končila asi 1-2 mm pod ústím kořenového kanálku, cementová podložka pak vytvoří další utěsnění na ústí kanálku.

Pozn.: určitou slabinu by mohl materiál mít právě kvůli způsobu tuhnutí. Uzávěr tuby je třeba ihned po nanesení vhodného množství na podložní sklíčko těsně uzavřít, jinak aktivací vzdušnou vlhkostí začne hmota silikonu vulkanizovat (tuhnout) v tubě. Utěsnění a obalová technika (a náležitá manipulace s materiálem) bude pro tuto hmotu důležitá.

Praktická zkušenost na extrahovaných zubech ukazuje, že silikon tuhne v zubu v rozmezí 12-24 hod. Fotografie a rtg přiloženo.

Fotografie zachycuje řezy přemolárem a řezákem – silikonový sealer s použitím gutaperčového čepu či bez něj. Rtg snímek ukazuje zuby: 2 přemoláry plněné silikonovým sealerem bez užití čepu, molár je zub referenční (srovnávací) v patolog.anatomickém preparátu lidské čelisti.

### **Diskuse a závěr**

Různé endodontické školy se zabírají problematikou kořenové stálé výplně. V dnešní době endodontická technika léčení zubů pokročila k vysoké úspěšnosti, problematika stálé kořenové výplně však ještě není definitivně dořešena. Specifické požadavky na takový materiál a jeho možný kontakt s buňkami periapexu si vynucují postavit na první místo inertnost užitého materiálu. Tkáň periapexu nepotřebuje „dlouhodobý terapeutický efekt“ navozený nefyziologickou či dokonce toxickou cestou. Řádná endodoncie vede k cíli, tj. maximální eliminace mikroorganismů z kořenového kanálku technikami, které již jsou dobře známy a zabezpečení zubu trvalou inertní kořenovou výplní. Pozorný čtenář v obou uvedených bodech uvidí společného jmenovatele, tj. snahu odstranit dráždění a poškozování buněk periapexu ať už mikroorganismy či kořenovou výplní. Periapex pro nás představuje velice cennou tkáň, která má reparovat mesenchymální ránu a podpořit zub, je tedy vhodné s touto tkání zacházet šetrně.

Dále v případě toxických (nebo i mutagenních, kancerogenních, alergizujících efektů) kořenové výplně se stává periapex vstupní branou takových účinků. Tato fakta byla prokázána (2,11,12,18). Jinými slovy, je třeba zabránit tomu aby cestou periapexu (kořenové výplně) byly buněčné populace makroorganismu kontaminovány takovými látkami. Složení kořenové výplně a její chování v biologickém prostředí hraje zcela zásadní roli. Úmyslně jsme poukázali na Foredent, je to pro českou endodontickou školu jistě poučení. Ale i jiné materiály zasluhují kritické přezkoumání, jak jsme se pokusili ukázat, po uvedených zkušenostech je to jistě vhodné (2).

Autoři této práce mají zato, že základní požadavek na takový materiál je jeho naprostá stálost a inertnost. Jinými slovy – biologické hledisko na prvním místě. Není to kritérium nové, už lékaři 19. století ho vyslovili.

Materiál, který jsme se pokusili vyvinout ve spolupráci s vývojovým oddělením Lučebních závodů Kolín a.s. by mohl vyhovovat tomuto základnímu kritériu. V prezentované modelové

situaci měl tento materiál dobré užitné vlastnosti, jistě také cenově bude dostupnější než srovnatelné zahraniční materiály.

Autoři nemohou říci, zdali se tento materiál objeví v klinické praxi, záleží na rozhodnutí výrobce, na jeho dalších postupech. Pro biologickou hodnotu materiálu budou rozhodující testy na tkáňových kulturách a testy mutagenity, to je okamžik pravdy pro každý zkoušený materiál.

Autoři děkují za spolupráci vedoucí pracovníci vývojového oddělení Lučebních závodů Kolín a.s., ing. Michaele Špringerové, bez jejího pochopení, trpělivosti a cenných rad by tato varianta silikonu pro možné stomatologické užití vzniknout nemohla.

#### **Literatura:**

1. Bažant V., Rathouský J., Chvalovský V.: Technické použití silikonů, SNTL, Praha 1959.
2. Halačková Z., Veselská R.: Cytotoxicita endodontických sealerů, Česká stomatologie a Praktické zubní lékařství, č.3, ročník 99/47, červen 1999.
3. Houša P.: Implantáty v plastické chirurgii – skutečnost a pověry, Zdravotnické noviny, příloha - Lékařské listy, č.24, ročník XLIX, 16.06. 2000.
4. Komárek S.: Učebnice praktické endodoncie, Two Publishers a Hu-Fa dental, Hradec Králové a Otrokovice 1999.
5. Komárek S., Půža V., Novák L.: Zhodnocení využití československých kořenových výplní pro metodu laterální kondenzace, Stomatologické zprávy 34/1993/1 – 2.
6. Komárek S., Půža V., Novák L.: Vliv kořenového sealeru s eugenolem na embryonální fibroblastoidní buňky, Praktické zubní lékařství 40, č. 6, 1992.
7. Kolektiv autorů : Příručka stomatologa v praxi, Avicenum Praha 1987.
8. Marhold J.: Přehled průmyslové toxikologie, Organické látky, svazek 1, 2., Avicenum Praha 1986.
9. Melichar B. a kol: Chemická léčiva, 3. přepracované vydání. Avicenum, Praha 1987.
10. Novák L., Chmelař V.: Některé příčiny nepříznivého působení pasty AH 26 na živé tkáň, Československá stomatologie 66, 1966, s. 290-294.
11. Novák L., Strnad L., Půža V., Červinka M., Kolářová J.: Klinicko-biologické zhodnocení léčebného účinku Foredentu, AH 26 a Adhesoru, Čs. Stomatologie 94, č.3,4,5, 1994.

12. Pazderová D., Pazdera J., Dobešová J.: Celková alergická reakce po stomatologickém ošetření, Čs. Stomatologie 92, č. 2 –3, červen 1992.
13. Půža V., Novák L.: K otázce biologického účinku zinkoxideugenolových cementů, Stomatologické zprávy 34/1993/3- 4.
14. Půža V., Červinka M., Komárek S., Novák L.: Biologické účinky materiálů vhodných k laterální kondenzaci sledované na buňkách REF, Stomatologické zprávy 35/1994/2.
15. Sedelmayer J.: Léčebná vložka Ca (OH)<sub>2</sub>, LKS č. 2, 1996
16. Schott H.: Kronika medicíny, Fortuna Print 1994.
17. Skalská A.: Stomaflexy – silikonové otiskovací hmoty, Stomatologické zprávy 38,1997/3.
18. Srb V.: Mutagenita formaldehydu, Československá hygiena 34, 1989, č.7-8.
19. Zemanová E. : Léčebný účinek kořenových výplní, Prakt.zubní Lék. 24,1976, 79–81.
20. Zemanová E. : Zhodnocení léčebného účinku některých československých kořenových výplní, Stomatologické zprávy Spofa 19,1976,169-190.