



Uporaba topil med ponovnim koreninskim zdravljenjem

Use of solvents in endodontic retreatment

Tomi Ujčič Samec^{1,2}

Izvleček

Endodontsko zdravljenje je zobozdravniški poseg, s katerim želimo odstraniti okužbo iz koreninskokanalnega sistema. Pri ponovnem koreninskem zdravljenju je v koreninskokanalnem sistemu okužen polnilni material, ki ga je treba odstraniti. Za polnitev koreninskih kanalov se najpogosteje uporabljajo gutaperčne pene. Odstranjevanje polnilnega materiala izvajamo mehansko, s pomočjo ročnih ali strojnih (rotirajočih ali recipročnih) instrumentov, z ultrazvokom, vročimi instrumenti, laserjem, kemično pa s pomočjo raztopin za izpiranje koreninskih kanalov ali topil. Na voljo je več vrst topil: kloroform, evkaliptol, ksilen, pomarančno olje, tetrakloretilen, terpentini in druga topila. Nobeno topilo ni hkrati netoksično do okolnih tkiv in učinkovito topilo za gutaperčo, nekatera pa so celo lahko rakotvorna. Kloroform je bil dolga leta topilo izbire, vendar so ga zaradi citotoksičnosti, hepatotoksičnosti in možne rakotvornosti opustili, jasna priporočila o uporabi nadomestnih topil pa so postala neznanka. Pregled literature v članku kaže, da topila gutaperče lahko zavirajo proliferacijo, povzročijo apoptozo in zmanjšajo stopnjo migracije celic fibroblastov. Študije učinkovitosti topljenja gutaperče s posameznimi topili si nasprotujejo. Čeprav se je uporaba topil izrazila v manjši porabi časa pri odstranjevanju polnilnega materiala zaradi njihove potencialne toksičnosti, svetujemo, da se uporaba omeji na primere, ko zgolj z mehanskim odstranjevanjem ne dosežemo delovne dolžine oziroma kadar zaradi ukrivljenosti koreninskega kanala tvegamo zaplet (zlom instrumenta, predrtje). Uporaba topil v ničemer ne izboljšuje kakovosti čiščenja koreninskokanalnega sistema, lahko pa negativno vpliva na nadaljnje postopke v konzervativni ali protetični oskrbi. Zaradi majhnih razlik v učinkovitosti topil pri odstranjevanju gutaperče je po literaturi nemogoče priporočiti posamezno topilo. Uporabo kloroforma in tetrakloretilena glede na veliko verjetnost rakotvornosti odsvetujemo.

Abstract

Endodontic treatment is a dental procedure that removes the infection from the root canal system. In endodontic retreatment, infected filling material in the root canal system must be removed. Gutta-percha points are most commonly used for root canal filling. The filling material is removed mechanically using hand or machine-driven (rotary or reciprocating) instruments, ultrasound, hot instruments, laser, and chemically using root canal rinsing solutions or solvents. Several solvents are available: chloroform, eucalyptol, xylene, orange oil, tetrachloroethylene, turpentine, and others. None of the

¹ Katedra za zobne bolezni in normalno morfolologijo zobnega organa, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija

² Center za zobne bolezni, Stomatološka klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Ljubljana, Slovenija

Korespondenca / Correspondence: Tomi Ujčič Samec, e: tomi.samec@mf.uni-lj.si

Ključne besede: evkaliptol; ksilen; kloroform; pomarančno olje; endodontija

Key words: eucalyptol; xylol; chloroform; orange oil; endodontics

Prispelo / Received: 12. 12. 2022 | **Sprejeto / Accepted:** 24. 4. 2023

Citirajte kot/Cite as: Ujčič Samec T. Uporaba topil med ponovnim koreninskim zdravljenjem. Zdrav Vestn. 2023;92(9–10):420–6. DOI: <https://doi.org/10.6016/ZdravVestn.3409>



Avtorske pravice (c) 2023 Zdravniški Vestnik. To delo je licencirano pod Creative Commons Priznanje avtorstva-Nekomercialno 4.0 mednarodno licenco.

solvents is non-toxic to surrounding tissues and an effective gutta-percha solvent; some are even potentially carcinogenic. Chloroform was the solvent of choice for many years but was abandoned due to cytotoxicity, hepatotoxicity and possible carcinogenicity, and clear recommendations on using alternative solvents became unknown. The literature review in this paper shows that gutta-percha solvents can inhibit proliferation, induce apoptosis and reduce the migration rate of fibroblast cells. Studies on the solubilisation efficiency of gutta-percha by individual solvents are conflicting. Although solvents have resulted in less time spent removing filling material, their potential toxicity suggests that their use should be limited to cases where mechanical removal alone does not achieve the working length or where the curvature of the root canal risks complications (instrument fracture, perforation). Solvents do not improve the quality of cleaning of the root canal system but may negatively impact subsequent procedures in conservative or prosthetic care. Due to the slight differences in the effectiveness of solvents for gutta-percha removal, it is impossible to recommend a single solvent from the literature. Using chloroform and tetrachloroethylene is not recommended, given the high likelihood of carcinogenicity.

1 Uvod

Endodontsko oz. koreninsko zdravljenje je zobozdravniški poseg, s katerim odstranimo okužbo iz koreninskokanalnega sistema in omogočimo periapikalno zdravljenje (1). Kadar pride do okužbe koreninskokanalnega sistema, ki predhodno še nikoli ni bil zdravljen, izvedemo primarno koreninsko zdravljenje. Kadar pride do okužbe koreninskokanalnega sistema, pri katerem je bilo že opravljeno koreninsko zdravljenje, izvedemo ponovno koreninsko zdravljenje. Pri ponovnem koreninskem zdravljenju se tako splošni zobozdravnik oziroma bolj priporočljivo specialist zobnih bolezni in endodontije znajde pred zobom, napolnjenim z okuženo gutaperčo in polnilno pasto, ki ju je treba odstraniti iz koreninskokanalnega sistema. Vzroki za neuspeh koreninskega zdravljenja so po Cohenu in Hargreavesu: neustrezen dostop, spregledani koreninski kanal, nehomogena in netočna polnitev, prisotna paradontalno-endodontska sprememba ali neustrezna tesnitev krone. Lahko pa gre tudi za zunajkoreninsko vnetje, reakcijo na tujek ali pravo cisto (2).

Postopek ponovnega koreninskega zdravljenja sestavljajo 3 deli. Prvi del je prepariranje dostopne kavitete, ki omogoči raven dostop do vhodov v koreninske kanale. Širjenje in čiščenje koreninskih kanalov, s čimer odstranimo okužene polnitve iz koreninskokanalnega sistema, je drugi del, ponovna polnitev koreninskih kanalov pa tretji del. Topila se v endodontiji uporabljajo predvsem v drugem delu, redkeje pa tudi v tretjem delu (2).

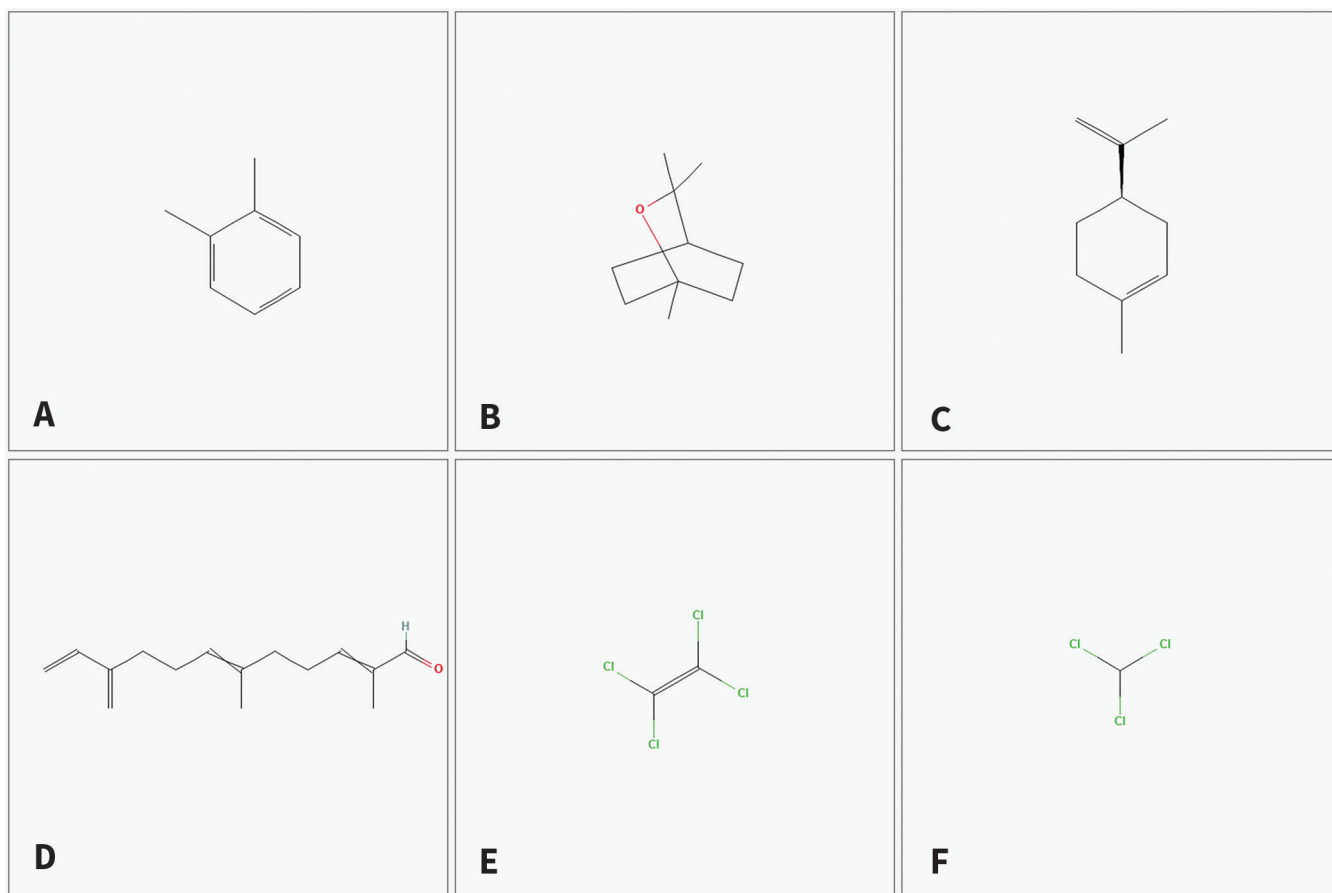
Evropska endodontska zveza v svojih smernicah iz leta 2006 se teme topil ne dotika (3). Slovenski zobozdravniki po podatkih iz leta 2021 od topil pri koreninskem zdravljenju uporabljajo evkaliptol (72,6 %), ksilol (4,1 %), etilacetat (2,7 %), pomarančno olje (0,8 %) in kombinacije (12,2 %). Topil ne uporablja 7,6 % zobozdravnikov (4). Splošnih navodil o uporabi

topil med koreninskim zdravljenjem v slovenskem prostoru ne zasledimo. Glavni namen članka je tako poleg predstavitve posameznih topil glede na novejšo literaturo podati tudi natančna priporočila o ustrezni uporabi topil med ponovnim koreninskim zdravljenjem.

Gutaperča, ki je polimerna veriga izoprena, pridobljena iz posušenega mlečnega soka rastline *Palaquium gutta*, se že od leta 1867 uporablja za polnitve koreninskih kanalov. Je najpogostejša oblika polnitve koreninskih kanalov (5). Od polnilnih past lahko naletimo na cinkoksid-evgenolne, kalcijevhidroksidne epoksi smole, steklastoionomerne, metaakrilatne, kalcijevsilikatne (6).

Ločimo različne tehnike odstranjevanja okuženih polnitev iz koreninskokanalnega sistema. Odstranjevanje izvajamo mehansko z ročnimi ali strojnimi instrumenti in kemično z raztopinami za izpiranje koreninskih kanalov ali s topili. Strojno odstranjevanje je rotirajoče ali recipročno (gibanje za določen kot naprej in nato manjši kot nazaj), z iglami, ki so enake kot ob primarnem zdravljenju ali pa posebej namenjene ponovnemu zdravljenju. Dodatne možnosti odstranjevanja so ultrazvočne igle, vroči tlačni instrumenti in laser (2,7).

Težava, na katero naletimo pri ponovnem koreninskem zdravljenju, je dostopnost do polnilnega materiala, ki ga je treba odstraniti, še posebej, če se je ta dobro kondenziral in je odporen na prodiranje instrumentov. Pri ukrivljenih koreninskih kanalih med odstranjevanjem polnitve se poveča tveganje za nastanek predrtja ali za zlom instrumenta. Ravno v slednjih primerih se zaradi izogibanja zapletom lahko odločimo za uporabo topil, s katerimi dosežemo lažji prodor instrumentov (7). Glavne slabosti uporabe topil so njihova toksičnost in nastanek filma iz polnih materialov, s katerim si zapremo dostop do okuženih dentinskih kanalčkov (8).



Slika 1: Prikaz strukturnih formul topil – o-ksilen (A), evkaliptol (B), D-limonen (C), pomarančno olje (D), tetrakloretilen (E) in kloroform (F). Povzeto po National Library of Medicine - PubChem (14-18,36).

2 Topila endodontskih polnilnih materialov 2.1 Evkaliptol

Topila so navadno tekoča. So snovi, v katerih se raztopi topljenec. Topila, ki se uporabljajo pri koreninskem zdravljenju, so raztopine, namenjene topljenju polnilnega materiala, kar omogoča njegovo lažjo mehansko odstranitev. Poznamo različna topila: kloroform, evkaliptol, ksilen, pomarančno olje, tetrakloretilen, terpentini in druga (9). Nobeno topilo ne izpolnjuje vseh pogojev, da bi bilo idealno, tj. netoksično in nerakotvorno za okolna tkiva, obenem pa učinkovito pri topljenju gutaperče ter cenovno ugodno. Dolgo je bil kloroform topilo prve izbire zaradi svoje učinkovitosti, vendar se je izkazal za najbolj citotoksičnega za periapikalna tkiva, hepatotoksičnega in rakotvornega, saj se uvršča v razred 2B rakotvornih materialov (10). Testirana so bila številna druga topila, kar pa ni olajšalo možnosti izbire idealnega topila, saj je izbira še vedno izziv (7,11-13).

Evkaliptol je naravno izdelan ciklični eter in monoterpenoid. Je brezbarvna tekočina s svežim vonjem po meti in pikantnim hladilnim okusom. V vodi je netopen, vendar se meša z organskimi topili. Evkaliptol je sestavina številnih raztopin za izpiranje ustne votline in zaviralcev kašlja. Nadzoruje povečano sekrecijo sluzi v dihalnih poteh in se uporablja pri zdravljenju rinosinusitisa. Evkaliptol lokalno zmanjšuje vnetje in bolečino. Je rahlo toksičen, z letalno dozo 2,46-g/kg (pri zajcih) (14). Strukturne formule evkaliptola in drugih topil so prikazane na Sliki 1. Njegova učinkovitost za topljenje gutaperče, toksičnost in rakotvornost ter delovanje drugih topil so predstavljene v Tabeli 1. Evkaliptol raztaplja gutaperčo bolje pri višji temperaturi (37 °C) od sobne, zato ga je smiselno pred uporabo nekoliko segreti (2).

Tabela 1: Pregled učinkovitosti topljenja gutaperče, toksičnosti in rakotvornosti posameznih topil, ki se uporabljajo pri ponovnem koreninskem zdravljenju (9,35).

Topilo	Kemična formula	Učinkovitost topljenja gutaperče	Toksičnost	Rakotvornost
Kloroform	CHCl ₃	++	++	2B
Pomarančno olje	C ₁₅ H ₂₂ O	++	+	3
Ksilen	C ₈ H ₁₀	++	++	3
Evkaliptol	C ₁₀ H ₁₈ O	+	+	/
Tetrakloretilen	C ₂ Cl ₄	+	++	2A
D-limonen	C ₁₀ H ₁₆	+	+	3
Terpentin	/	+	++	/

Legenda: ++ visoka; + nizka.

2.2 Ksilen

Ksilen je aromatski ogljikovodik, sestavljen iz benzenovega obroča, povezanega z dvema metilnima skupinama, ki obstaja v treh izomernih oblikah, odvisno od mesta, kjer sta metilni skupini vezani (metaksilen, ortoksilen in paraksilen (m-, o- in p-ksilen)). Je brezbarvna enostavno vnetljiva tekočina sladkega vonja, ki se v naravi nahaja v nafti in katranu. Uporablja se kot topilo v tiskarski, gumarski in usnjarski industriji, kot čistilo in kot razredčilo za barve. V majhnih količinah ga najdemo v letalskem gorivu in bencinu (15). Ksilen je netopen v vodi in je od nje redkejši. Hlapi so težji od zraka in so lahko v visokih koncentracijah narkotični. Ob zaužitju je strupen (15).

2.3 Pomarančno olje

Pomarančno olje je eterično olje, ki ga proizvajajo celice v lupini pomaranče (*Citrus sinensis*). Pridobiva se kot stranski produkt pri proizvodnji pomarančnega soka. Sestavljeno je večinoma (več kot 90 %) iz d-limonena, ki je vnetljiv in ga iz pomarančnega olja izločimo z destilacijo (16). V ZDA (Kalifornija, Florida) je d-limonen registriran za uničevanje termitov in drugih škodljivcev. Uporablja se v aromaterapiji, v kozmetiki, pri proizvodnji hrane, kot aroma za prikrivanje grenkega okusa alkaloidov in kot čistilo (16). D-limonen lahko draži kožo, pri samcih podgan povzroča raka, vendar za rakotvornost ali genotoksičnost pri ljudeh ni dokazov. Mednarodna agencija za raziskave o raku – IARC (*angl.* The International Agency for Research on Cancer)

uvršča d-limonen v razred 3 (Tabela 1) (17).

2.4 Tetrakloretilen

Tetrakloretilen je brezbarven, hlapljiv, nevnetljiv, tekoč kloriran ogljikovodik z vonjem po etru, ki lahko ob izpostavljenosti sončni svetlobi ali plamenu oddaja strupene hlapne fosgena – bojni strup. Tetrakloretilen se večinoma uporablja kot topilo pri kemičnem čiščenju, pri predelavi tekstila in pri proizvodnji fluoroogljikovodikov. Izpostavljenost tetrakloretilenu draži zgornje dihalne poti, oči, povzroča nevrološke motnje, poškoduje ledvice in jetra. Za tetrakloretilen se utemeljeno domneva, da je rakotvorna snov za ljudi in je lahko povezan s povečanim tveganjem za razvoj raka kože, debelega črevesa, pljuč, požiralnika, sečil in spolovil, nastankom limfosarkoma in levkemije (18).

2.5 Terpentin

Terpentin je izvleček, pridobljen iz iglavcev. Terpentino olje je mešanica cikličnih monoterpenskih ogljikovodikov, med katerimi prevladuje pinen. Terpentino olje je brezbarvna, dišeča, vnetljiva tekočina neprijetnega okusa, ki se ne meša z vodo. Predstavlja dobro topilo za žveplo, fosfor, smole, voske, olja in naravni kavčuk. V preteklosti se je terpentino olje največ uporabljalo kot topilo za barve in lake, zdaj se največ uporablja v kemični industriji kot surovina za sintezo smol, insekticidov, oljnih dodatkov ter sintetičnega borovega olja in kafre. Terpentino olje se uporablja tudi kot gumijasto topilo pri proizvodnji plastičnih mas (19).

3 Pregled literature o topilih v endodontiji

Z načinom uporabe topil med ponovnim koreninskim zdravljenjem se ukvarjajo številne študije in nekatere pregledni članki. Raziskuje se vpliv topil na okolne celice in tkiva, učinkovitost topil pri odstranjevanju gutaperče, najustreznejši način uporabe topil pri ponovnem koreninskem zdravljenju ter vpliv topil na druge delovne zobozdravstvene postopke.

Gundogan in sod. 2021 so pokazali, da topila v endodontiji zavirajo proliferacijo, povzročijo apoptozo in zmanjšajo stopnjo migracije celic fibroblastov. Osteoblastne celice so se izkazale kot nekoliko bolj odporne proti topilom. Čezmerno izločanje topil skozi apikalno odprtino poškoduje tkiva ob koreninah in zmanjša njihovo zmožnost popravljanja, zato predlagajo izogibanje uporabi topil med koreninskim zdravljenjem (20).

Glede učinkovitosti topil pri odstranjevanju gutaperče v literaturi ni enotnih rezultatov, kar verjetno izhaja iz podobne oziroma dovoljšne učinkovitosti posameznih topil. Rezultati Magalhaesa in sod. 2007 kažejo, da je ksilen bolj učinkovit, medtem ko kloroform, pomarančno olje in evkaliptol kažejo podobne rezultate (21). Nasprotno Sharma in sod. 2022 menijo, da ima največjo učinkovitost pomarančno olje, ki mu sledita ksilen in kloroform (22). Mushtag in sod. 2012 so predstavili podobno delovanje ksilena, tetrakloretilena in pomarančnega olja (23), a so hkrati poudarili, da je ksilen najboljši, če ga želimo uporabiti pri gutaperči ali resilonu.

Glede najustreznejšega načina uporabe topil študije kažejo, da so strojni instrumenti bolj učinkoviti pri odstranjevanju gutaperče kot ročni (24). V študiji de Segueira Zuolo in sod., v kateri so primerjali uspešnost strojnih rotirajočih se instrumentov z recipročnimi instrumenti pri ponovnem koreninskem zdravljenju, so pokazali, da ostane ne glede na uporabljeno tehniko v koreninskih kanalih vedno na stenah film polnilnega materiala. Čas odstranjevanja polnilnega materiala je bil krajši pri uporabi recipročnih instrumentov.

Horvath s sod. 2009 so pokazali, da z uporabo topil med ponovnim koreninskim zdravljenjem prihaja do večjega nastanka filma polnilnega materiala. Zato so predlagali, da topila uporabljamo samo, kadar mehansko ne uspemo doseči delovne dolžine (25). Sağlam in sod. 2013 so z micro-CT analizo pokazali, da uporaba topil ne vpliva na čistost koreninskega kanala pri ponovnem koreninskem zdravljenju in obenem, da se je uporaba topil izrazila v manjši porabi časa pri odstranjevanju polnitve iz ukrivljenih koreninskih kanalov (26). Zelo podobno tudi sistematski pregledni članek Rossi-Fedele in sod. 2017 soglaša z uporabo topil za omogočanje olajšanega

prodora endodontskih instrumentov, a ne soglaša z izboljšavo čistosti koreninskega kanala. Hkrati poudarja, da noben protokol ne omogoči popolne odstranitve polnilnega materiala iz koreninskih kanalov (27). Pregledni članek Good in sod. 2012 se strinja z uporabo topil v koronarni in srednji tretjini koreninskega kanala ter hkrati priporoča previdnost pri uporabi zaradi toksičnosti topil (9). Pregledni članek Dotto in sod. 2020 navaja, da večina obravnavanih člankov ni prikazala resne prednosti uporabe topil med koreninskim zdravljenjem (7). Nekatere študije iz tega pregleda so predlagale uporabo topil pri odstranjevanju zelo adherentne gutaperče v apikalnem predelu, zato pa Dotto in sod. 2020 zaključujejo, naj se uporabi topil v endodontiji poskušamo čim bolj izogibati in jih uporabljamo le v izjemnih primerih, ko nam zgolj mehansko ne uspe doseči delovne dolžine (7).

Uporaba topil med ponovnim koreninskim zdravljenjem lahko vpliva tudi na druge delovne zobozdravstvene postopke, saj lahko vpliva na vez med konfekcijskim fiksoprotetičnim zatičkom in dentinom. Študija Guedesa in sod. 2014 kaže, da je uporaba evkaliptola statistično značilno zmanjšala moč vezi med zatičkom in dentinom (28). Bayram in sod. 2022 so pokazali, da se je zaradi uporabe topil med ponovnim koreninskim zdravljenjem zmanjšala vez med biodentinom oziroma kapsularno zamešanim mineral-trioksidnim agregatom in dentinom. Medtem ko uporaba topil ni bistveno vplivala na vez med belim mineral-trioksidnim agregatom in dentinom (29).

Ferreira s sod. 2021 so v *in vitro* študiji na 140 zobeh pokazali, da irigacijski protokoli statistično značilno vplivajo na dentinsko trdoto, medtem ko dodatna uporaba topil ni vplivala na mehanske lastnosti dentina (30).

Glede na dejstvo, da so nekatere *in vitro* študije predpostavljale, da uporaba topil zmanjšuje bolečino po posegu, saj prihaja ob uporabi topil do zmanjšane izločanja debrija periapikalno (31,32), so Ozgur Genc Sen in sod. 2020 pokazali, da ni razlik pri bolečini po posegu glede na uporabo topil med ponovnim koreninskim zdravljenjem (33).

V študiji, ki je ocenjevala protibakterijsko učinkovitost terpentina, evkaliptola in pomarančnega olja proti *E. faecalis*, so ugotovili, da je imel terpentin največjo protibakterijsko učinkovitost, sledila pa sta mu evkaliptol in pomarančno olje (34). Slednje na izbiro topil bistveno ne vpliva, saj ni namen uporabe topil protimikrobno delovanje, ki ga navadno dosegamo v celoti z uporabo osnovne raztopine za izpiranje koreninskih kanalov (natrijevega hipoklorita).

V **Tabeli 1** so topila razvrščena glede na klasifikacijo mednarodne agencije za raziskave o raku, ki deluje

pod okriljem svetovne zdravstvene organizacije in uvršča spojine v: razred 1 – rakotvorne spojine, razred 2A – zelo verjetno rakotvorne spojine, razred 2B – možno rakotvorne spojine in razred 3 – niso klasificirane kot rakotvorne za ljudi (35).

4 Zaključek

Članek je pregledno prikazal lastnosti nekaterih najpogostejših topil, ki se uporabljajo pri ponovnem koreninskem zdravljenju. Zaradi njihove toksičnosti se svetuje omejena uporaba, in sicer na primere, ko zgolj z mehanskim odstranjevanjem ne dosežemo delovne dolžine, oziroma kadar zaradi ukrivljenosti koreninskega kanala tvegamo zaplet (zlom instrumenta, predrtje). Prav tako topila ne izboljšajo čistosti koreninskega kanala,

ne zmanjšajo bolečine po posegu, lahko pa slabšajo vez med fiksno protetičnim zatičkom in dentinom ter med drugimi materiali in dentinom. Zato je ob uporabi evkaliptola potrebno izdelavo morebitnega fiksno protetičnega zatička prestaviti na naslednjo obravnavo. Uporaba evkaliptola je med slovenskimi zobozdravniki pogosta, kar je najverjetneje posledica uporabe v učni ustanovi in prenosa slednjega v nadaljnjo klinično prakso. Zaradi majhnih razlik v učinkovitosti topil pri odstranjevanju gutaperče je po literaturi nemogoče priporočiti posamezno topilo. Uporabo kloroforma in tetrakloretilena glede na veliko verjetnost rakotvornosti pa odsvetujemo.

Izjava o navzkrižju interesov

Avtor nima navzkrižja interesov.

Literatura

- Bergenholtz G, Hörsted-Bindslev P, Reit C. Textbook of Endodontology. Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell; 2010.
- Hargreaves K, Berman L. Cohen's Pathways of the Pulp. 11th ed. St. Louis (Missouri): Elsevier; 2016.
- European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J*. 2006;39(12):921-30. DOI: [10.1111/j.1365-2591.2006.01180.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01180.x) PMID: 17180780
- Šušterčič T. Metode endodontskega zdravljenja med Slovenskimi zobozdravniki leta 2021. Ljubljana: T. Šušterčič; 2022.
- Vishwanath V, Rao HM. Gutta-percha in endodontics - A comprehensive review of material science. *J Conserv Dent*. 2019;22(3):216-22. DOI: [10.4103/JCD.JCD_420_18](https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_420_18) PMID: 31367101
- Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J*. 2020;39(5):703-20. DOI: [10.4012/dmj.2019-288](https://doi.org/10.4012/dmj.2019-288) PMID: 32213767
- Dotto L, Sarkis-Onofre R, Bacchi A, Pereira GK. The use of solvents for gutta-percha dissolution/removal during endodontic retreatments: A scoping review. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2021;109(6):890-901. DOI: [10.1002/jbm.b.34753](https://doi.org/10.1002/jbm.b.34753) PMID: 33155731
- Gu LS, Ling JQ, Wei X, Huang XY. Efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment system for gutta-percha removal from root canals. *Int Endod J*. 2008;41(4):288-95. DOI: [10.1111/j.1365-2591.2007.01350.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01350.x) PMID: 18081804
- Good ML, McCammon A. An removal of gutta-percha and root canal sealer: a literature review and an audit comparing current practice in dental schools. *Dent Update*. 2012;39(10):703-8. DOI: [10.12968/denu.2012.39.10.703](https://doi.org/10.12968/denu.2012.39.10.703) PMID: 23367635
- Taşdemir T, Er K, Yildirim T, Celik D. Efficacy of three rotary NiTi instruments in removing gutta-percha from root canals. *Int Endod J*. 2008;41(3):191-6. DOI: [10.1111/j.1365-2591.2007.01335.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01335.x) PMID: 18081812
- Patel S, Barnes JJ. Contemporary endodontics - part 2. *Br Dent J*. 2011;211(11):517-24. DOI: [10.1038/sj.bdj.2011.1002](https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2011.1002) PMID: 22158168
- Virdee SS, Thomas MB. A practitioner's guide to gutta-percha removal during endodontic retreatment. *Br Dent J*. 2017;222(4):251-7. DOI: [10.1038/sj.bdj.2017.166](https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2017.166) PMID: 28232689
- Betti LV, Bramante CM, de Moraes IG, Bernardineli N, Garcia RB. Comparison of GPX with or without solvent and hand files in removing filling materials from root canals—an ex vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010;110(5):675-80. DOI: [10.1016/j.tripleo.2010.06.012](https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.06.012) PMID: 20955955
- National Library of Medicine. Eucalyptol. Bethesda: US NLM; 2021 [cited 2021 Dec 08]. Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Eucalyptol>.
- National Library of Medicine. Xylene. Bethesda: US NLM; 2021 [cited 2021 Dec 08]. Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Xylene>.
- National Library of Medicine. Orange oil. Bethesda: US NLM; 2021 [cited 2022 Dec 08]. Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Orange-oil>.
- National Library of Medicine. D-Limonene. Bethesda: US NLM; 2022 [cited 2022 Dec 08]. Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/D-Limonene>.
- National Library of Medicine. Tetrachloroethylene. Bethesda: US NLM; 2022 [cited 2022 Dec 08]. Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tetrachloroethylene>.
- Encyclopaedia Britannica. Turpentine. Chicago, IL: Britannica; 2022 [cited 2022 Dec 08]. Available from: <https://www.britannica.com/topic/Canada-balsam>.
- Gundogan GI, Durmus S, Ozturk GC, Kucukyesil N, Acar YT, Balaban R, et al. A comparative study of the effects of gutta-percha solvents on human osteoblasts and murine fibroblasts. *Aust Endod J*. 2021;47(3):569-79. DOI: [10.1111/aej.12541](https://doi.org/10.1111/aej.12541) PMID: 34278656
- Magalhães BS, Johann JE, Lund RG, Martos J, Del Pino FA. Dissolving efficacy of some organic solvents on gutta-percha. *Braz Oral Res*. 2007;21(4):303-7. DOI: [10.1590/S1806-83242007000400004](https://doi.org/10.1590/S1806-83242007000400004) PMID: 18060255
- Sharma Y, Kumar SP, A GS, Pandey D, Ahmed M, Ahmed S. Comparative Evaluation of Solubility of Gutta-Percha in Three Different Solvents: A Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) Study. *Cureus*. 2022;14(7):e26788. DOI: [10.7759/cureus.26788](https://doi.org/10.7759/cureus.26788) PMID: 35971348

23. Mushtaq M, Farooq R, Ibrahim M, Khan FY. Dissolving efficacy of different organic solvents on gutta-percha and resilon root canal obturating materials at different immersion time intervals. *J Conserv Dent.* 2012;15(2):141-5. DOI: [10.4103/0972-0707.94584](https://doi.org/10.4103/0972-0707.94584) PMID: 22557812
24. Saad AY, Al-Hadlaq SM, Al-Katheeri NH. Efficacy of two rotary NiTi instruments in the removal of Gutta-Percha during root canal retreatment. *J Endod.* 2007;33(1):38-41. DOI: [10.1016/j.joen.2006.08.012](https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.08.012) PMID: 17185127
25. Horvath SD, Altenburger MJ, Naumann M, Wolkewitz M, Schirrmeister JF. Cleanliness of dentinal tubules following gutta-percha removal with and without solvents: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 2009;42(11):1032-8. DOI: [10.1111/j.1365-2591.2009.01616.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01616.x) PMID: 19825038
26. Sağlam BC, Koçak MM, Türker SA, Koçak S. Efficacy of different solvents in removing gutta-percha from curved root canals: a micro-computed tomography study. *Aust Endod J.* 2014;40(2):76-80. DOI: [10.1111/aej.12041](https://doi.org/10.1111/aej.12041) PMID: 24118310
27. Rossi-Fedele G, Ahmed HM. Assessment of Root Canal Filling Removal Effectiveness Using Micro-computed Tomography: A Systematic Review. *J Endod.* 2017;43(4):520-6. DOI: [10.1016/j.joen.2016.12.008](https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.008) PMID: 28214018
28. Guedes OA, Chaves GS, Alencar AH, Borges AH, Estrela CR, Soares CJ, et al. Effect of gutta-percha solvents on fiberglass post bond strength to root canal dentin. *J Oral Sci.* 2014;56(2):105-12. DOI: [10.2334/josnusd.56.105](https://doi.org/10.2334/josnusd.56.105) PMID: 24930746
29. Bayram E, Bayram HM, Aslan T, Göktürk H, Ustün Y. Evaluation of calcium silicate cement bond strength after using gutta-percha solvents. *Niger J Clin Pract.* 2017;20(11):1417-21. DOI: [10.4103/1119-3077.197020](https://doi.org/10.4103/1119-3077.197020) PMID: 29303125
30. Ferreira I, Braga AC, Lopes MA, Pina-Vaz I. Adjunctive procedure with solvent mixtures in non-surgical endodontic retreatment: does it affect root dentin hardness? *Odontology.* 2021;109(4):812-8. DOI: [10.1007/s10266-021-00603-6](https://doi.org/10.1007/s10266-021-00603-6) PMID: 33811311
31. Çanakçı BC, Er O, Dincer A. Do the Sealer Solvents Used Affect Apically Extruded Debris in Retreatment? *J Endod.* 2015;41(9):1507-9. DOI: [10.1016/j.joen.2015.02.010](https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.02.010) PMID: 26238529
32. Türker SA, Uzunoğlu E, Sağlam BC. Evaluation of the amount of apically extruded debris during retreatment of root canals filled by different obturation techniques. *Niger J Clin Pract.* 2015;18(6):802-6. DOI: [10.4103/1119-3077.158140](https://doi.org/10.4103/1119-3077.158140) PMID: 26289521
33. Genc Sen O, Erdemir A, Canakci BC. Effect of solvent use on postoperative pain in root canal retreatment: a randomized, controlled clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2020;24(1):257-63. DOI: [10.1007/s00784-019-02948-3](https://doi.org/10.1007/s00784-019-02948-3) PMID: 31093742
34. Maria R, Dutta SD, Thete SG, AlAttas MH. Evaluation of Antibacterial Properties of Organic Gutta-percha Solvents and Synthetic Solvents Against *Enterococcus faecalis*. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2021;11(2):179-83. PMID: 34036080
35. International agency for research on cancer. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. Geneva: World health organization; 2021 [cited 2023 Jan 12]. Available from: <https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iacr/2023>.
36. National Library of Medicine. Chloroform. Bethesda: US NLM; 2022 [cited 2022 Dec 08]. Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/chloroform>.