

Hubert Gołabek¹, Katarzyna Brus-Sawczuk², Izabela Strużycka²

***The Self Adjusting File* – przegląd literatury. Nowy system, nowe spojrzenie w głąb systemu korzeniowego?**

The Self Adjusting File – a review. New system, a new look into the root canal space?

¹ Lekarz dentysta, stażysta w Szpitalu Klinicznym Dzieciątka Jezus

² Zakład Stomatologii Zintegrowanej, Warszawski Uniwersytet Medyczny

Streszczenie

Pilnik The Self Adjusting File (SAF) jest jedynym przedstawicielem nowej grupy narzędzi endodontycznych, które umożliwiają jednoczesne mechaniczne opracowanie kanału korzeniowego z irygacją. Niklowo-tytanowy stop metalu w kształcie siatki umożliwia dostosowanie się giętkiego narzędzia do ścian kanału i poszerzenie zgodnie z jego trójwymiarową anatomią. Jednoczesna irygacja środkiem płuczącym zwiększa skuteczność oczyszczenia. Ruch obrotowy narzędzia został zastąpiony ruchem w osi pionowej. Ostrza tnące charakterystyczne dla stożkowych rdzeni zamieniono na ścierną powierzchnię. Połączenie posuwisto-zwrotnej komponenty ruchu z abrazyjną powierzchnią siatki, przypomina działanie papieru ściernego. Przedstawiony artykuł został podzielony na dwie części. Pierwsza uwzględnia opis konstrukcji narzędzia The Self Adjusting File oraz zasady jego działania, natomiast druga część stanowi opis jego zastosowania w warunkach klinicznych. Zaprezentowane dane zostały zebrane na podstawie licznych publikacji na temat nowych możliwości oczyszczania systemów kanałowych. Informacje zawarte w przeglądzie piśmiennictwa umożliwią czytelnikowi zaznajomienie się z najważniejszymi cechami opisywanego systemu.

Słowa kluczowe: *The Self Adjusting File*, narzędzie anatomiczne, chemo-mechaniczne opracowanie kanału korzeniowego.

Abstract

The Self Adjusting File (SAF) is the only representative among endodontic files which enables preparation of the surface of a tooth with irrigation. Nickel-titanium alloy in the form of a grid allows to adjust the flexible file to the canal wall and expand according to its three-dimensional anatomy. Simultaneous rinsing increases the efficacy of cleaning. Unlike most of the available systems endodontic rotary motion was replaced by movement in the vertical axis. The cutting blade characteristic for conical cores turned into an abrasive surface. The combination of in and out movements with the abrasive surface resembles the effect of sandpaper. The first part of the paper takes into account the description of The Self Adjusting File and its the manner of operation while the second is a description of its characteristics in the clinical aspect.

Key words: The Self Adjusting File, anatomical instrument, chemo-mechanical root canal space preparation.

Wstęp

Jednym z celów współczesnej endodoncji jest uproszczenie postępowania klinicznego do stopnia umożliwiającego każdemu stomatologowi praktykowi, czy to tuż po studiach, czy doświadczonemu endodontce, przeprowadzenie skutecznego i szybkiego leczenia kanałowego [1]. Procedura taka ma na celu wygojenie stanów zapalnych w tkankach okołowierzchołkowych, a także zapobiega prawdopodobieństwu powtórnych interwencji leczniczych związanych z rozwojem wtórnych ognisk zapalnych – konsekwencji niewłaściwego zaopatrzenia zmian pierwotnych.

Od początku wprowadzenia na rynek narzędzi endodontycznych widoczna jest tendencja do zmniejszania ilości narzędzi niezbędnych do

uzyskania ostatecznego kształtu kanału i ich unifikacja.

Ograniczenie ilości narzędzi przy zachowaniu maksymalnej skuteczności leczniczej jest pozytywnym trendem i daje lepszą możliwość kontrolowania poszczególnych etapów pracy, a także ogranicza popełnienie błędów jatrogennych.

Większość prezentowanych przez producentów pilników endodontycznych łączy jedna wspólna cecha. Ich działanie opiera się na ruchu tnącym obracającego się litego rdzenia metalu o kształcie stożka lub przypominającego tę figurę. Ostrza umieszczone na ścianach pilnika skrawają ściany zębiny, przemieszczając je wwyż, poza punkt trepanacyjny, co zapobiega akumulacji materiału biologicznego w części wierzchoł-

Ewolucja i unifikacja

stały taper, różne ISO
systemy wielonarzędziowe
symetryczny splot
pasywne/aktywne

- Profile 1993
- Quantec 1996
- GT 1998
- FlexMaster 2000

stały bądź niestały taper
wielonarzędziowe
asymetryczny splot
różny stopień aktywności

- RaCe 1999
- ProTaper 2001
- K3 2001
- Hero Shaper 2002

stały, bądź niestały taper
unifikacja
wyglądają jak rozkręcone
aktywne, recyprokacja
wzmocniony stop

- MTWO
- GT – X (M-wire) 2009
- TF (R-phase) 2009
- Reciproc 2011
- Wave One 2011

Narzędzie anatomiczne The Self Adjusting File

kowej kanału. Przekrój poprzeczny ostatecznego kształtu, jaki przyjmuje opracowany kanał, to koło. W przypadku różnorodności kanałów korzeniowych w ludzkim uzębieniu (kanały owalne, łezkowate, biskoptowate, typu C [2]) taki sposób opracowania może być niewystarczający i wiąże się z akumulacją zanieczyszczeń w zakamarkach systemu korzeniowego – zwłaszcza przy zbyt skąpym płukaniu [3]. Ostateczne wypełnienie kanałów po niewłaściwym opracowaniu wiąże się reinfekcją.

W ostatnim czasie na rynek stomatologiczny został wprowadzony nowy system endodontyczny The Self Adjusting File (SAF), ReDent Nova. Jego zupełnie odmienny kształt oraz sposób pracy w kanale poprawiają skuteczność oczyszczania systemów kanałowych w znacznym stopniu, nie tylko poprzez zdolność opracowania mechanicznego trudno dostępnych cieśni, lecz również ciągłą irygację roztworem środka płuczącego podczas pracy [4]. Autorzy dostępnych publikacji wskazują na szereg pozytywnych cech opisywanego systemu, takich jak [3]:

1. możliwość opracowania i ukształtowania kanałów zębowych zgodnie z ich anatomią, po wcześniejszym wstępnym opracowaniu kanału dostępnym instrumentarium,
2. zdolność do prowadzenia ciągłej i skutecznej irygacji oraz usuwania zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych [5],
3. usunięcie warstwy zainfekowanej zębiny (efekt podobny do działania papieru ściernego) [6],
4. SAF to pierwsze narzędzie anatomiczne.

Jak wynika z badań mikrotomograficznych Metzgera i wsp., system SAF zwiększa odsetek objętych procedurą powierzchni ścian kanałów [7]. Należy jednak pamiętać, że jest to narzędzie delikatne i stanowi uzupełnienie całego procesu procedury leczenia endodontycznego i dodat-

kową alternatywę, aby poprawić skuteczność oczyszczania kanałów.

Konstrukcja i sposób działania

Pilnik SAF kształtem przypomina stent naczyniowy, stosowany w chirurgii ogólnej czy kardiochirurgii. Jest to niklowo-tytanowy, ściśliwy, cienkościenny cylinder o wrzecionowatych otworach na całej długości narzędzia [8]. Występuje w dwóch rozmiarach, o średnicach 1,5 mm oraz 2 mm, oba typy siatek grubości 120 um [8]. Pilniki dzięki swojej zdolności do kompresji w trzech wymiarach, mogą przybrać minimalny rozmiar ISO 20 dla średnicy 1,5 mm oraz ISO 30 dla średnicy 2 mm [9]. Odkształcenie jest odwracalne, co pozwala na ciągłą pracę narzędzia przy zmieniających się parametrach kanału podczas opracowywania. Pasma siatki pokryte są abrazyjną powierzchnią, która odpowiada za zbieranie zainfekowanej zębiny ze ścian kanału, powodując jego poszerzenie [10].

Praca pilnikiem SAF polega na posuwisto-zwrotnych ruchach w osi pionowej na wibrującej końcówce RDT3 podłączonej do mikrosilnika endodontycznego w zakresie od 3000 rpm do 5000 rpm, a amplituda pionowego przemieszczenia wynosi 0,4 mm [6, 9–12]. Nieznaczna komponenta ruchu obrotowego zapobiega zaklinowaniu narzędzia w kanale, a także zapewnia równomierne jego opracowanie [1].

Pilnik połączony jest silikonowym przewodem z pompą VATEA, ReDent. W trakcie pracy płyn w sposób ciągły podawany jest na całą długość kanału korzeniowego z prędkością przepływu podawania 1–10 ml/min [5, 11]. W urządzeniu można umieścić roztwór podchlorynu sodu, a także EDTA w różnych stężeniach. Alternatywą dla pompy VATEA może być również dobrze fizjodyspenser szeroko stosowany w implantologii. Dodatkową korzyścią ciągłej podaży płynu w trakcie

wibracji narzędzia jest jego soniczna aktywacja [3, 5, 6, 13].

Zalecony czas użycia pilnika to około 4 minuty podzielone na dwa cykle po 2 minuty każdy na jeden kanał korzeniowy [12, 14, 15]. Grubość zeskrwanej ze ściany kanału zębiny wynosi około 60–75 μm , co daje ostateczne poszerzenie średnicy opracowanego kanału o 2–3 rozmiary ISO. Pilnik SAF działa na wszystkie ściany kanału identyczną siłą nacisku, dzięki czemu każda z jego powierzchni zostaje opracowana w równym stopniu [7, 6, 17].

Giętkość narzędzia sprawia, iż każda próba umieszczenia pilnika w kanale sprowadza się do przybrania przez nie kształtu narzuconego przez anatomię. Pilnik ulega kompresji i dekompresji, zachowując topografię i anatomię kanału, nie ma ryzyka rozkalibrowania okolicy otworu wierzchołkowego. Dodatkowo, jak wynika z badań Yoldasa i wsp., prawdopodobieństwo złamań korzenia w trakcie pracy systemem The Self Adjusting File jest o wiele niższe w porównaniu do narzędzi niklowo-tytanowych [18].

Wytrzymałość pilnika SAF została potwierdzona laboratoryjnie, a rezultaty wykonanych testów przemawiają za dużą trwałością narzędzia. Efektywna praca w kanale korzeniowym, uwzględniając warunki jego anatomii trwa około 27–29 minut [9, 14].

Jednak patrząc z punktu widzenia klinicznego, biorąc pod uwagę twardość zębiny, dostęp, zagięcia kanału w różnych płaszczyznach, zwłaszcza w części wierzchołkowej, narzędzie SAF nie może być postrzegane jako samodzielny, jedyny pilnik do opracowania przestrzeni kanału. Powinien być traktowany jako dodatkowa możliwość uzupełnienia leczenia o aspekt bardziej skutecznego czyszczenia, aktywacji środków płuczących, a także naturalnego dopasowywania się do ciągle zaskakującej nas anatomii.

Podobnie do większości narzędzi endodontycznych pilnik SAF może ulec zniszczeniu. Do złamania dochodzi w obrębie wąsów siatki, jednak nie narusza to najczęściej jej ramy, a złamany fragment najczęściej nie ulega oddzieleniu od reszty siatki, jak podaje Metzger [9, 14].

W systemie SAF suma wszystkich ciśnień wywieranych podczas pracy narzędzia, a więc hydrostatycznego ciśnienia kolumny płynu wypełniającego kanał i stałego ciśnienia wywieranego przez wibrujący pilnik oraz ciśnienia nacisku narzędzia, wynosi 394 Pa, jak wynika z badań zespołu Metzgera [9, 14]. Przy podaży płynu z prędkością 5 ml/min przez igłę 25-G, gdy wolna przestrzeń otaczająca igłę, przez którą wstrzykiwany płyn znajduje ujście wynosi 38%, wartość wywieranego ciśnienia sięga aż 1270 Pa, jak podaje Hof [9]. Wyliczona wartość ciśnienia niezbędnego do wywołania przejścia płynu przez otwór wierzchołkowy to 832 Pa [9, 14]. Z podane-

go porównania widać, że prawdopodobieństwo transportacji płynu, czyli jego przejścia poza otwór wierzchołkowy, w przypadku zastosowania systemu SAF jest zminimalizowane [3, 9], co z klinicznego punktu widzenia przekłada się na znaczne zmniejszenie możliwości powikłań zapalnych związanych z przepchnięciem podchlorynu sodu do tkanek okołowierzchołkowych [3, 14]. Badania Petersa wykazały także zmniejszoną transportację materiału stałego poza wierzchołek korzenia [16].

System The Self Adjusting File można określić jako system poszerzający kanał przez szorowanie i płukanie wolnym od ciśnienia aktywowanym sonicznie płynem płuczącym [1, 7, 9].

Aspekt kliniczny

Złożoność anatomii kanałów korzeniowych nie jest nowym odkryciem, a problem związany z odpowiednim ich opracowaniem stanowi temat licznych prac naukowych. Ośmiostopniowa skala Vertucciego czy pięciostopniowa skala klasyfikująca kanały typu C to tylko nieliczne z prób usystematyzowania różnorodności systemów kanałowych spotykanych u ludzi [19]. Warto zaznaczyć w tym miejscu, że morfologia kanałów zależy nie tylko od cech osobniczych, ale jest ona również uzależniona od przynależności do populacji oraz grup etnicznych. Dla przykładu: odsetek przypadków dolnych zębów przedtrzonowych dwukanałowych oraz systemu kanałowego typu C jest istotnie większa w populacji azjatyckiej. Jak podaje Cohen oraz Metzger, 25–50% systemów kanałów korzeniowych stanowią kanały spłaszczone, owalne w przekroju oraz skręcone [11, 14]. Co więcej, skomplikowana, nietypowa anatomia systemów kanałowych nie ogranicza się jedynie do zębów przedtrzonowych i trzonowych, ale zwiększona ilość oraz zawitość kanałów jest spotykana również w pozostałych grupach zębów – szczególnie opis można znaleźć w pracy Cantatorego i wsp. [20].

Jak wspomniano wcześniej, większość kształtów przekrojów poprzecznych kanałów zębowych odbiega od koła; jedynie górny siekacz boczny charakteryzuje się tą cechą. Mając na uwadze najczęściej spotykany przekrój owalny kanału, szybko można spostrzec, iż niemal wszystkie narzędzia kanałowe dostępne na rynku stomatologicznym nie nawiązują do ich anatomii [1]. Kwestia ta nasuwa pytanie: czy jesteśmy w stanie prawidłowo opracować kanał zębowy, nie zwiększając prawdopodobieństwa popełnienia błędu jatrogennego? Oczywiście odpowiednie oświetlenie pola operacyjnego, stosowanie koferdamu oraz powiększenia w pracy, szczególnie przy użyciu mikroskopu endodontycznego, właściwe opracowanie komory zęba i odnalezienie ujść kanałów pomagają zapobiec znacznej części niepowodzeń. Jednak dalsza część procedury leczniczej

zależy od instrumentarium, jakim posługuje się lekarz dentysta. Za pomocą większości narzędzi otrzymuje się okrągły przekrój opracowanego pola. W przypadku kanału owalnego naturalnie można podjąć próbę opracowania go zgodnie z dłuższą średnicą. Zwiększa to jednak prawdopodobieństwo osłabienia struktury zęba, stwarzając niebezpieczeństwo złamania korzenia, szczególnie po osadzeniu wkładu koronowo-korzeniowego, gdy siły ekscentryczne działające na metal lub włókno szklane uciskają cieńsze ściany korzenia.

Wszystkie te zagadnienia zmuszają lekarza dentystę praktyka do znalezienia narzędzia, które dostosuje się do naturalnej anatomii kanału zębowego, nie narzucając własnego kształtu, jak dzieje się w przypadku stosowania większości pilników [10, 16].

Jednym z nielicznych tego typu instrumentów endodontycznych jest właśnie pilnik The Self Adjusting File. Jego cechy opisane w poprzedniej sekcji artykułu umożliwiają opracowanie niemal wszystkich ścian kanałów [2]. Najczęściej omijane przez obrotowe narzędzia niklowo-tytanowe zachyłki policzkowe oraz językowe kanałów owalnych mogą zostać oczyszczone [2–4, 6, 10, 11, 14, 17, 21]. Jak podaje Solomonov i wsp., praca narzędziami niklowo-tytanowymi może prowadzić do pozostawienia nawet od 40% do 60% nietkniętych powierzchni ścian wewnętrznych kanału, przy użyciu pilnika ręcznego nawet 74% powierzchni [8, 16]. Według Cohen i wsp. przy zastosowaniu systemu SAF odsetek ten może ulec redukcji do 17% [11].

Udowodniono, że skuteczność działania podchlorynu sodu oraz EDTA w usuwaniu warstwy mazistej oraz zębiny przy zastosowaniu pilnika SAF i pompy VATEA nie zależy od stężenia środka, nawet w 1/3 części przywierzchołkowej kanału, ale od jego ilości [5, 13]. Podano nawet pozytywne efekty pracy podchlorynem sodu o stężeniu 1,3% i EDTA 1% [5]. Jest to niezwykle istotne spostrzeżenie, ponieważ wysokie stężenia podchlorynu sodu wpływają negatywnie na strukturę zębiny. Powodują one powstanie bogatej w apatyt, natomiast ubogiej w kolagen powierzchni zębiny, która charakteryzuje się zwiększoną kruchością [5]. Problem ten jest jednak dyskusyjny, ponieważ najnowsze doniesienia zalecają stosowanie wysokich stężeń podchlorynu sodu, dochodzących nawet do 6%. De Deus i wsp. wskazują, iż zdanie dotyczące narzędzi rotacyjnych: „pilnik kształtuje, irygant oczyszcza”, nie jest w założeniu prawdziwe [6, 10]. Pilniki rotacyjne mogą zmienić kształt kanału znacząco, a anatomia może spowodować, że duży odsetek powierzchni kanału nie jest dotknięty żadnym narzędziem [2, 6, 8, 10, 17].

Należy pamiętać, że żadne z narzędzi mechanicznych nie usuwa mikroorganizmów z kanałów

korzeniowych, potrzebna jest komponenta chemiczna opracowywania kanałów korzeniowych i to ona odgrywa główną rolę w eliminacji bakterii. Skuteczność The Self Adjusting File została również potwierdzona w badaniach bakteriologicznych [4, 15, 21]. Wynik redukcji kolonii bakterii *Enterococcus faecalis* przewyższał znacząco ten uzyskany dla rotacyjnych narzędzi niklowo-tytanowych. W badaniu *in vitro* 80% prób dla grupy SAF było wolnych od kolonii *E. faecalis*, natomiast dla narzędzi niklowo-tytanowych jedynie 45% [4].

Podsumowując dane dotyczące oczyszczenia kanału przez podchloryn sodu, należy pamiętać, że skuteczność jego działania zależy przede wszystkim od czasu, w którym roztwór podchlorynu sodu jest obecny w kanale [5, 15].

Ukończony etap opracowania systemu kanałowego pozwala wypełnić go szczelnie, a następnie wykonać odpowiednią odbudowę zęba [7, 11, 17, 22, 27]. Kanały opracowane pilnikiem SAF mogą być wypełniane zarówno metodą zimnej kondensacji bocznej, jak i metodą ciągłej fali termoplastycznej gutaperki. Jednak w przypadku wypełniania metodami gorącymi z wykorzystaniem gorącego upychadła może wystąpić konieczność poprawy dostępu w górnej części kanału, a także jego poszerzenia (taper). Ćwiek główny jest adekwatny do rozmiaru uzyskanego po czterominutowej pracy narzędziem SAF w kanale. Jak podano wcześniej, narzędzie SAF poszerza kanał o trzy rozmiary według klasyfikacji ISO. Dla pełnego przekonania o właściwym dostosowaniu wieka gutaperkowego w 1 mm przywierzchołkowego odcinka kanału, należy zweryfikować jego kształt właściwym pilnikiem. Dokładne opracowanie wszystkich ścian kanału zębowego z nadaniem im gładkiej powierzchni oraz pozbycie się warstwy mazistej zapewniają lepsze dostosowanie się materiału wypełniającego [11, 16, 21–23, 27].

Ścierne właściwości pilnika SAF znalazły również zastosowanie w rewizji leczenia endodontycznego [24–26]. Szorstka powierzchnia poprzecznych i podłużnych włókien siatki skutecznie usuwa resztki pozostałej gutaperki ze ścian kanału, będąc przydatnym narzędziem wspomagającym procedurę ponownego leczenia kanałowego. Abramovitz i wsp. poleca dwuetapową procedurę usunięcia gutaperki z kanału zębowego [24]. Pierwszy wiąże się z usunięciem głównego rdzenia gutaperkowego za pomocą maszynowych narzędzi – w badaniu został użyty system ProTaper. Następnie przystępuje się do oczyszczenia ścian kanału pilnikiem SAF podłączonym do pompy VATEA. Podobnie jak w leczeniu endodontycznym, czas zalecany na usunięcie resztek gutaperki w procedurze reendodontycznej to 4 minuty lub więcej. The Self Adjusting File nie może zostać użyty jako samodzielne narzędzie

w ponownym leczeniu endodontycznym, ponieważ jego giętkość uniemożliwia usunięcie głównego rdzenia gutaperki. Jednak jako narzędzie pomocnicze znacząco wpływa na jakość oczyszczenia kanału [26], co może zostać uwidocznione na zdjęciach radiologicznych. Żaden z proponowanych przez producentów systemów do rewizji leczenia endodontycznego nie usuwa gutaperki ani innego materiału wypełniającego całkowicie [24, 25]. Dlatego też skuteczna procedura ponownego leczenia kanałowego wymaga zastosowania instrumentów, których maksymalną skuteczność można wykorzystać na odpowiednich dla nich etapach pracy.

Podsumowanie

Oczyszczenie, nadanie kształtu oraz wypełnienie kanału są czynnikami warunkującymi w najwyższym stopniu sukces leczenia endodontycznego. Kształt stosowanych współcześnie pilników ręcznych oraz maszynowych rotacyjnych nie odpowiada anatomii kanałów korzeniowych oraz nie zapewnia opracowania wszystkich jego ścian wewnętrznych. Pozostawiają one więcej niż połowę nietkniętych przez pilnik powierzchni ścian kanału. Po wprowadzeniu nowego rodzaju pilnika – The Self Adjusting File – adaptującego się do anatomii kanałów, prawdopodobieństwo prawidłowego opracowania kanałów zwiększa się. Oczyszczenie ścian kanału i otwarcie kanalików zębinowych pozwala na głębszą penetrację materiału uszczelniającego stosowanego w połączeniu z gutaperką [22, 27]. Dzięki zredukowaniu systemu pilników do jednego, zwiększeniu szybkości, a także skuteczności pracy operatora pilnik SAF zwiększa jednocześnie prawdopodobieństwo leczenia jednowizytowego [15], które wiąże się z mniejszym ryzykiem zakażenia systemu kanałowego pomiędzy kolejnymi wizytami. Pilnik SAF jest na razie jedynym przedstawicielem nowej grupy narzędzi endodontycznych, anatomicznych. Jego potwierdzona skuteczność w warunkach klinicznych pozwala spodziewać się zmian w leczeniu endodontycznym, ukierunkowanych na respektowanie morfologii kanałów korzeniowych.

Piśmiennictwo

- [1] Metzger Z. From Files to SAF: 3D Endodontic Treatment is Possible at Last, Alpha Omegan. 2011;104(1/2):18–26
- [2] Solomonov M, Paqué F, Fan B, Eilat Y, Berman LH. The challenge of C-shaped canal systems: a comparative study of the self-adjusting file and ProTaper. J Endod. 2012;38(2):209–14.
- [3] Block R, Supan P, Bushell A. The Self Adjusting File (SAF) System: Perspectives on a new endodontic technique, The Communicator, Winter 2012:24–28.
- [4] Siqueira JF Jr, Alves FR, Almeida BM, de Oliveira JC, Rôças IN. Ability of chemomechanical preparation with either rotary instruments or self-adjusting file to disinfect oval-shaped root canals. J Endod. 2010;36(11):1860–5.
- [5] Kaya S, Yiğit-Özer S, Adigüzel Ö. Evaluation of radicular dentin erosion and smear layer removal capacity of Self-Adjusting File using different concentrations of sodium hypochlorite as an initial irrigant. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011;112(4):524–30.
- [6] De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ, Reis C, Kfir A. The self-adjusting file optimizes debris-removal quality in oval-shaped root canals. J Endod. 2011;37(5):701–5.
- [7] Metzger Z, Zary R, Cohen R, Teperovich E, Paqué F. The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study. J Endod. 2010;36(9):1569–73.
- [8] Solomonov M. Eight months of clinical experience with the Self-Adjusting File system. J Endod. 2011;37(6):881–7.
- [9] Hof R, Perevalov V, Eltanani M, Zary R, Metzger Z. The self-adjusting file (SAF). Part 2: mechanical analysis. J Endod. 2010;36(4):691–6.
- [10] Paqué F, Al-Jadaa A, Kfir A. Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. Int Endod J. 2012;45(5):413–8.
- [11] Cohen S, Levin M, Berman LH. The SAF EndoSystem: adaptive 3-D cleaning, shaping, and disinfection, Endodontic practice. 4(2):34–38.
- [12] Ozer SY, Adigüzel O, Kaya S. Removal of Debris and Smear Layer in Curved Root Canals Using Self-Adjusting File with Different Operation Times – A Scanning Electron Microscope Study, Int Dent Res. 2011;1:1–6.
- [13] Metzger Z, Teperovich E, Cohen R, Zary R, Paqué F, Hülsmann M. The self-adjusting file (SAF). Part 3: removal of debris and smear layer-A scanning electron microscope study. J Endod. 2010;36(4):697–702.
- [14] Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R. The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy – a new concept of endodontic files and its implementation. J Endod. 2010;36(4):679–90.
- [15] Alves FR, Almeida BM, Neves MA, Rôças IN, Siqueira JF Jr. Time-dependent antibacterial effects of the self-adjusting file used with two sodium hypochlorite concentrations. J Endod. 2011;37(10):1451–5.
- [16] Peters OA, Paqué F. Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study. J Endod. 2011;37(1):53–7.
- [17] Versiani MA, Pécora JD, de Sousa-Neto MD. Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study. J Endod. 2011;37(7):1002–7.
- [18] Yoldas O, Yilmaz S, Atakan G, Kuden C, Kasan Z. Dentine microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. J Endod. 2012;38(2):232–5.
- [19] Vertucci F, Haddix JE. Tooth Morphology and Access Cavity Preparation. In Cohen S, Hargreaves KM. Pathways of The Pulp, 10th ed, Mosby Elsevier; 2011:136–222.
- [20] Cantatore G, Berutti E, Castellucci A. Missed anatomy: frequency and clinical impact. Endodontic Topics. 2009; 15:3–31.
- [21] Paqué F, Peters OA. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of long oval root canals in mandibular molars with the self-adjusting file. J Endod. 2011;37(4):517–21.
- [22] De-Deus G, Barino B, Marins J, Magalhães K, Thuanne E, Kfir A. Self-adjusting file cleaning-shaping-irrigation system optimizes the filling of oval-shaped canals with thermoplasticized gutta-percha. J Endod. 2012;38(6):846–9.
- [23] Peters OA, Boessler C, Paqué F. Root canal preparation with a novel nickel-titanium instrument evaluated with micro-computed tomography: canal surface preparation over time J Endod. 2010;36(6):1068–72.
- [24] Abramovitz I, Relles-Bonar S, Baransi B, Kfir A. The effectiveness of a self-adjusting file to remove residual gutta-percha after retreatment with rotary files. Int Endod J. 2012;45(4):386–92.
- [25] Solomonov M, Paqué F, Kaya S, Adigüzel O, Kfir A, Yiğit-Özer S. Self-adjusting files in retreatment: a high-re-

- solution micro-computed tomography study. J Endod. 2012;38(9):1283–7.
- [26] Voet KC, Wu MK, Wesselink PR, Shemesh H. Removal of gutta-percha from root canals using the self-adjusting file. J Endod. 2012;38(7):1004–6.
- [27] De-Deus G, Accorsi-Mendonça T, de Carvalho e Silva L, Leite CA, da Silva D, Moreira EJ. Self-adjusting file cleaning-shaping-irrigation system improves root-filling bond strength. J Endod. 2013;39(2):254–7.