© Borgis

Metody oceny dokładności elektronicznych pomiarów długości kanałów korzeniowych. Przegląd piśmiennictwa

***Joanna Bagińska[1], Marcin Wilczko[1], Bożena Kudaszewicz[2]**

[1]Zakład Stomatologii Zachowawczej, Uniwersytet Medyczny, Białystok
Kierownik Zakładu: prof. dr hab. Wanda Stokowska
[2]Poradnia Stomatologiczna Dentos, Sokółka
Kierownik Poradni: lek. dent. Bożena Kudaszewicz

METHODS OF ASSESSMENT OF THE ACCURACY OF ELECTRONIC APEX LOCATORS. A REVIEW OF THE LITERATURE

Summary
The use of electronic apex locators is one of the methods for working length determination. In the literature, there are studies on the accuracy of the measurements but they vary in the methodology of surveys. Indications of electronic apex locators are compared with the radiological method, direct visual measurements and with histological sections.
The aim of this study was to present, based on the literature, different methods of assessment of the electronic apex locator measurements' accuracy.
Studies concerning the accuracy of working length determination have a considerable practical significance. Most studies are conducted in *ex vivo* conditions because of the limited possibility of the localization of apical constriction. The methodology of such surveys varies a lot, which makes a comparison of results difficult. Existing studies prove that frequency-based electronic apex locators are reliable tools, but for the purpose of correct determination of canal working length a combination of electronic and radiological methods is recommended.

Key words: canal working length, electronic apex locator, methodology of surveys

WSTĘP

Powodzenie leczenia endodontycznego zależy od prawidłowego mechanicznego opracowania kanału korzeniowego, usunięcia tkanek i bakterii znajdujących się w jego wnętrzu oraz szczelnego zamknięcia jamy zęba materiałem wypełniającym. Liczne badania dowodzą, że największy odsetek powodzeń dotyczy tych zębów, w których kanał został opracowany i wypełniony poniżej wierzchołka radiologicznego (1-5). Przyjmuje się, że miejscem, w którym należy zakończyć instrumentację kanału korzeniowego, jest największe przewężenie w okolicy wierzchołka korzenia, tzw. otwór fizjologiczny (ang. *apical constriction*, *minor diameter*) (6, 7). Do wyznaczania długości roboczej wykorzystywane są zdjęcia radiologiczne i endometry kanałowe. Mniej pomocne są: znajomość przeciętnych długości zębów oraz praca na wyczucie.

Endometry są to niewielkie urządzenia elektroniczne, wykorzystujące działanie prądu o małym natężeniu, wyposażone w dwie elektrody: czynną – umieszczaną w kanale korzeniowym (narzędzie kanałowe), oraz bierną – umieszczaną na wardze pacjenta. Pomiary elektroniczne długości roboczej są proste do wykonania, powtarzalne, bezpieczne dla ogółu pacjentów (poza nielicznymi wyjątkami pacjentów z rozrusznikiem serca starszego typu), szeroko dostępne ze względu na niski koszt urządzeń, a także przyczyniają się do ograniczenia narażenia pacjentów na promieniowanie jonizujące poprzez zmniejszenie liczby zdjęć radiologicznych w trakcie leczenia kanałowego. Rozwój endometrii kanałowej

był możliwy dzięki odkryciom Custera i Suzuki. Custer (8) w 1918 roku stwierdził, że przewodnictwo tkanek wokół wierzchołka korzenia jest większe niż wewnątrz kanału korzeniowego. Suzuki (9) zauważył, że opór elektryczny pomiędzy ozębną a błoną śluzową jamy ustnej jest stały i wynosi 6,5 kΩ przy 40 mA. Na tej podstawie Sunada (10) w 1961 roku skonstruował pierwszy współczesny model endometru kanałowego. Wykorzystywał on działanie prądu stałego, a podstawą wyznaczenia otworu wierzchołkowego był spadek oporu przy kontakcie elektrody czynnej z ozębną, stąd urządzenia zaliczane do I generacji nazywane są też endometrami oporowymi. Pomiary endometrów oporowych obarczone były licznymi błędami związanymi z koniecznością zachowania suchości w kanale korzeniowym, co w warunkach klinicznych jest trudne do spełnienia (11, 12). W przypadku endometrów II generacji, tzw. impedancyjnych, wykorzystanie prądu zmiennego umożliwiło wykonywanie pomiarów w środowisku wilgotnym, jednakże niewskazana była obecność w kanale elektrolitów, np. podchlorynu sodu. Także te aparaty wykazywały znaczny odsetek błędnych pomiarów, dodatkowo dość gruba elektroda pokryta izolacją nie pozwalała na wykonywanie pomiarów w kanałach wąskich (12, 13). Współcześnie nie stosuje się już endometrów oporowych i impedancyjnych.

Poprawa dokładności pomiarów długości roboczej kanału korzeniowego nastąpiła wraz z wprowadzeniem endometrów częstotliwościowych. Obecnie w użyciu są urządzenia III, IV i V generacji. Zasada ich działania opiera się na pomiarach prądów o dwóch różniących się znacznie częstotliwościach – prąd wysokiej częstotliwości jest dobrze przewodzony przez organizm, w odróżnieniu od prądu niskiej częstotliwości. W trakcie przesuwania pilnika w kanale opór maleje w większym stopniu dla prądu o dużej częstotliwości, a maksymalna różnica odnotowywana jest w otworze anatomicznym. Urządzenia te analizują różnicę lub iloczyn oporu/impedancji, przy czym w przypadku endometrów III generacji oba prądy są analizowane równocześnie, a w aparatach IV i V generacji impulsy wysyłane są naprzemiennie (11-13). W endometrach zaliczanych do V generacji udoskonalone zostały cechy użytkowe, m.in. poprawiono algorytm przeliczania oporu emitowanych prądów i dodano kolorowy wyświetlacz, tak by pomiar był łatwiejszy do odczytania (13, 14). Ważną cechą wszystkich aparatów częstotliwościowych jest możliwość wykonywania dokładnych pomiarów w obecności elektrolitów (11-13).

Stomatolodzy mają do dyspozycji wiele różnorodnych endometrów kanałowych działających samodzielnie, w połączeniu z testerem żywotności miazgi i z mikrosilnikiem endodontycznym. Ich szerokie zastosowanie wymaga jednak potwierdzenia dokładności uzyskiwanych wyników badaniami klinicznymi. W piśmiennictwie znajdują się liczne prace dotyczące oceny wiarygodności elektronicznych pomiarów długości roboczej kanałów korzeniowych różniące się między sobą pod względem metodyki przeprowadzonych badań.

CEL PRACY

W niniejszej pracy przedstawiono, na podstawie piśmiennictwa, różne metody oceny dokładności pomiarów wykonywanych za pomocą endometrów kanałowych.

METODA RADIOLOGICZNA

W badaniach przeprowadzanych na pacjentach metoda radiologiczna jest rutynowo stosowana jako punkt odniesienia do wyników uzyskanych za pomocą endometrów kanałowych (15). Zdjęcia rtg stosowane są także w pracach oceniających działanie endometrów w warunkach *ex vivo* (16-19). Badacze decydują się na wybór tej metody, ponieważ jest ona najbardziej zbliżona do postępowania w trakcie rutynowego leczenia kanałowego (15). Badania radiologiczne od wielu lat stanowią podstawę oceny jakości opracowania i wypełnienia kanałów korzeniowych. Niektórzy autorzy w przypadku oceny pracy endometrów na zębach usuniętych starają się odtworzyć warunki panujące w jamie ustnej poprzez umieszczenie zębów na czas zdjęć radiologicznych w kości czaszek (18).

Dostępne badania wskazują, że wyznaczenie długości roboczej przy użyciu endometrów kanałowych daje bardziej miarodajne wyniki niż metodą radiologiczną (15, 17, 19, 20). Przyjmuje się, że na zdjęciu rtg optymalna odległość od wierzchołka radiologicznego do miejsca zakończenia materiału wypełniającego kanał, tzw. margines bezpieczeństwa, powinna zawierać się w przedziale od 0,5 do 1 mm; niektórzy autorzy dopuszczają także odległość do 2 mm (3, 15, 21). Vieyra i Acosta (20) wykonywali na zębach zakwalifikowanych do usunięcia pomiary różnymi endometrami, a także wyznaczali długość roboczą radiologicznie. Wszystkie endometry wykazały ponad 80% skuteczność w lokalizacji przewężenia okołowierzchołkowego, natomiast radiologicznie było to możliwe jedynie w 1/3 przypadków. W badaniach Cianconiego i wsp. (19) 28,5% zębów z długością roboczą wyznaczoną radiologicznie miało w rzeczywistości narzędzie poza otworem anatomicznym, natomiast według Borczyka i wsp. (17) odsetek nieprawidłowych pomiarów długości kanałów w oparciu o zdjęcia rtg sięgał prawie 40%. Powodem opisanych rozbieżności są ograniczenia mające wpływ na możliwość dokładnego wyznaczenia długości roboczej kanału korzeniowego metodami radiologicznymi. Są to przede wszystkim: brak stabilności wymiarów obrazu w stosunku do badanego obiektu wynikający z techniki wykonywania zdjęć rtg oraz brak możliwości dokładnej identyfikacji szczytu korzenia – możemy mówić jedynie o wierzchołku radiologicznym, który nie zawsze odpowiada szczytowi korzenia (22). Istnieją także liczne wątpliwości co do możliwości arbitralnego ustalenia położenia otworu fizjologicznego w stosunku do wierzchołka zęba (1, 11). Położenie otworu wierzchołkowego cechuje się dużą zmiennością w zależności od rodzaju zęba oraz wieku pacjenta i może kształtować się w zakresie

0,2-3,8 mm od szczytu korzenia (23-25). Ponadto, duży odsetek korzeni ma otwór wierzchołkowy położony bocznie w stosunku do szczytu korzenia (26). Także odległość pomiędzy otworem anatomicznym i fizjologicznym podlega dużej osobniczej zmienności (27). W związku z tym, że zalecany margines bezpieczeństwa (0,5-1 mm) oparty jest na wyliczeniach średnich odległości, nie może być on bezkrytycznie stosowany w każdym przypadku, ponieważ nie daje odpowiedzi na pytanie dotyczące stosunków anatomicznych w odniesieniu do konkretnego zęba. Z drugiej strony badanie radiologiczne jest niezbędnym elementem leczenia kanałowego i w połączeniu z elektronicznym pomiarem długości kanału stanowi klucz do skutecznego leczenia endodontycznego.

METODA BEZPOŚREDNIEGO WYZNACZANIA DŁUGOŚCI ZĘBA

Ideą badań polegających na bezpośrednim wyznaczaniu długości roboczej jest możliwość porównania rzeczywistej długości zęba z odczytami endometru. Z oczywistych względów są to zawsze badania przeprowadzane na zębach usuniętych. Rzeczywistą długość kanału wyznacza się na podstawie wizualnej oceny położenia otworu anatomicznego i fizjologicznego. Badanie topografii wierzchołka korzenia odbywa się w powiększeniu, przy użyciu mikroskopu zabiegowego albo lup, a narzędzie wprowadza się do kanału do momentu ukazania się jego szczytu w otworze anatomicznym (14, 26, 28-30).

W tej metodzie w trakcie wykonywania pomiarów elektronicznych niezbędne jest zapewnienie warunków przypominających sytuację kliniczną, tzn. brak widoczności wierzchołka korzenia i umieszczenie ocenianych zębów w środowisku przewodzącym prąd. Najczęściej stosowany jest, zaproponowany przez Katza i wsp. (31), model alginatowy. Masa alginatowa dobrze przewodzi prąd, jest łatwo dostępna i niedroga. Usunięte zęby umieszcza się w plastikowym kontenerze wypełnionym świeżo zarobioną masą wyciskową, do której wkłada się także elektrodę bierną. Również agar, żelatyna, żel o właściwościach wysokiego przewodnictwa elektrycznego i roztwór soli fizjologicznej były z powodzeniem stosowane jako substancje przewodzące prąd w trakcie oceny endometrów w warunkach *in vitro* (19, 26, 32, 33). Na podobnej zasadzie można także opracować model do przedklinicznych ćwiczeń pracy z endometrami (34).

W piśmiennictwie znajduje się szereg publikacji, które pozytywnie oceniły powyższą metodę (14, 26, 28, 29, 32). Zaletą badań wykonywanych *in vitro* jest możliwość oceny wpływu anatomii okolicy okołowierzchołkowej na odczyty endometru. Na tej podstawie Ding i wsp. (26) potwierdzili, że średnica otworu fizjologicznego oraz boczne położenie otworu anatomicznego mają wpływ na wynik pomiaru długości roboczej. Metoda ta nie jest jednak pozbawiona wad – uważa się, że elektrolity mogą wydostawać się z wnętrza kanału i w ten sposób fałszować wyniki (12). Ponadto przewodnictwo masy alginatowej zmienia się w czasie, co również może wpływać na wynik badania (19).

METODA HISTOLOGICZNA

Histologiczne potwierdzenie położenia narzędzia kanałowego w stosunku do otworu fizjologicznego lub wierzchołka korzenia pozwala na najbardziej miarodajne potwierdzenie dokładności pomiarów wykonanych przy użyciu endometrów (20, 35). W przypadku tej metody można całość badania wykonać na zębach usuniętych lub też dokonać pomiarów w jamie ustnej, a następnie usunąć zęby i poddać je dalszej obróbce poprzez skrawanie aż do odsłonięcia wierzchołka narzędzia. Ważne jest, by po wyznaczeniu właściwej długości roboczej narzędzie zostało w kanale zacementowane w jednoznacznej pozycji. Do wykonania pomiarów odległości czubka narzędzia od przewężenia wierzchołkowego wykorzystywane są zdjęcia fotograficzne oraz różnorodne oprogramowanie komputerowe (20, 35). Nguyen i wsp. (35) stosując tę metodę w kanałach opracowanych, zauważyli, że pracując narzędziami maszynowymi na długość roboczą wyznaczoną elektronicznie we wszystkich zębach, znieśli przewężenie przywierzchołkowe. Powyższa sytuacja spowodowana została prawdopodobnie nieznacznym skróceniem długości roboczej związanym z prostowaniem się przebiegu kanału w trakcie powiększania się jego średnicy, przez co w końcowej fazie poszerzania kanału narzędzia penetrowały zbyt głęboko.

METODA PORÓWNANIA WSKAZAŃ RÓŻNYCH ENDOMETRÓW

Inną metodą stosowaną zarówno w warunkach klinicznych, jak i w badaniach *ex vivo* jest porównanie ze sobą wskazań różnych endometrów (36). Najczęściej porównywane są urządzenia zaliczane do różnych generacji, a także produkty dopiero wprowadzone na rynek z tymi, które są dobrze przebadane. Autorzy bardzo często posługują się jako urządzeniem referencyjnym endometrem Root ZX i jego wersją z mikrosilnikiem endodontycznym Dentaport ZX (J. Morita Corp., Japonia), ponieważ wielokrotnie potwierdzono, że pomiary wykonywane przy jego użyciu są dokładne i powtarzalne, jest to też jeden z najczęściej stosowanych endometrów kanałowych na świecie (12, 14, 20, 36). Porównanie dokładności pomiarów różnymi aparatami pozwala lekarzom na wybór do swojej praktyki takiego urządzenia, które będzie najbardziej miarodajne. Jednakże na podstawie dostępnych badań trudno jest jednoznacznie wskazać jedno urządzenie, które byłoby znacznie dokładniejsze niż inne (14, 18-20, 36, 37). Mitelic i wsp. (36) zauważyli, że zgodność wskazań ocenianych przez nich aparatów była niewielka (10,4%).

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA WYNIK BADANIA

Jak już powyżej opisano, metodyka badań nad dokładnością elektronicznych pomiarów długości roboczej jest bardzo różnorodna. Różnice dotyczą także rozmiaru narzędzia, którym dokonywane są odczyty; najczęściej są to pilniki K nr 10, 15 i 20 wg ISO,

a różni autorzy dochodzą do sprzecznych wniosków dotyczących wpływu średnicy narzędzia na prawidłowość odczytów endometrów kanałowych. Przeważają jednak opinie, że w przypadku kanałów o małej średnicy rozmiar narzędzia pozostaje bez większego wpływu na wynik badania endometrem kanałowym (19, 30, 35, 37).

Duże rozbieżności dotyczą sposobu wyznaczania punktu, do którego dokonuje się pomiaru długości kanału. Jedni autorzy wprowadzają narzędzie do momentu, w którym endometr zasygnalizuje osiągnięcie otworu fizjologicznego (jest zwykle szczegółowo opisane w instrukcji użytkowania aparatów, a aparat sygnalizuje właściwy punkt sygnałem świetlnym i dźwiękowym) (14, 17). Można też wykonywać pomiary do momentu wskazania przez urządzenie odczytu „apex", kiedy to wierzchołek narzędzia powinien znajdować się w otworze anatomicznym (14, 19). Z piśmiennictwa wynika, że wybór miejsca zakończenia pomiarów może mieć wpływ na wiarygodność uzyskanych wyników. Według de Vasconcelosa i wsp. (37) dokładniejsze są pomiary wykonywane do otworu wierzchołkowego, a wg Lipskiego i wsp. (14) do otworu fizjologicznego. Nekoofar i wsp. (11) zalecają, by po otrzymaniu odczytu „apex" skrócić otrzymaną długość narzędzia o 0,5 mm. Zalecenie to opiera się na licznych dowodach, że endometry kanałowe nie są w stanie w każdym przypadku dokładnie wskazać położenia otworu fizjologicznego.

Kolejnym punktem, który różni poszczególne badania, jest zakres pomiarów uznanych za prawidłowe. Najczęściej autorzy przyjmują jako właściwe odchylenia w zakresie od ± 0,5 do ± 1 mm (15, 18). Wydaje się jednak, że w przypadku wyznaczania długości kanału do otworu anatomicznego pomiary przekraczające pomiar kontrolny nie powinny być akceptowane.

Większość autorów jest zgodna, że obecność płynów płuczących pozostaje bez wpływu na wynik badania endometrem kanałowym (29). Jednakże w przypadku badań *ex vivo* badacze często rezygnują z wprowadzenia płynów do jamy zęba z obawy przed reakcją z masą alginatową lub wspomnianym już przeciekaniem płynów poza otwór wierzchołkowy (12, 19).

Porównując metodykę badań nad dokładnością pomiarów endometrów kanałowych, należy pamiętać, że warunki w eksperymentach *ex vivo* nie odpowiadają w pełni sytuacji klinicznej i dlatego wyniki uzyskane na zębach usuniętych nie powinny być bezpośrednio przekładane na pracę z pacjentem. Gordon i Chandler (12) są zdania, że pomiary dokonywane poza jamą ustną wykazują większą dokładność. Niestety, do chwili obecnej trudno jest wyznaczyć położenie przewężenia przywierzchołkowego bez usunięcia zęba. Być może dzięki zastosowaniu technologii tomografii wolumetrycznej dostępne będzie kolejne narzędzie pozwalające na ocenę miarodajności endometrów kanałowych. Wstępne badania wskazują na wysoką korelację wyników uzyskanych przy pomocy tych dwóch metod (38, 39).

PODSUMOWANIE

Badania dotyczące oceny dokładności pomiarów długości roboczej kanałów korzeniowych przy pomocy endometrów mają duże znaczenie praktyczne. Ze względu na ograniczone możliwości lokalizacji otworu fizjologicznego w warunkach klinicznych większość badań wykonywanych jest na zębach usuniętych. Metodyka prowadzonych badań jest bardzo różnorodna, co utrudnia porównanie wyników. Dostępne prace potwierdzają, że endometry częstotliwościowe są miarodajnymi narzędziami, jednakże w celu pewnego prawidłowego wyznaczenia długości roboczej zalecane jest połączenie metod radiologicznych i elektronicznych. □

Piśmiennictwo

1. Ricucci D: Apical limit of root canal instrumentation and obturation, Part 1. Literature review. Int Endod J 1998; 31: 384-393. **2.** Swartz DB, Skidmore AE, Griffin JA: Twenty years of endodontic success and failure. J Endod 1993; 9: 198-202. **3.** Kojima K, Inamoto K, Nagamatsu K et al.: Success rate of endodontic treatment of teeth with vital and nonvital pulps. A meta-analysis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2004; 97: 95-99. **4.** Stoll R, Betke K, Stachnicss V: The influence of different factors on the survival of root canal fillings: a 10-year retrospective study. J Endod 2005; 11: 783-790. **5.** Basmadjian-Charles CL, Farge P, Bourgeois DM, Lebrun T: Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: a review of the literature. Int Dent J 2002; 52: 81-86. **6.** Ricucci D, Langeland K: Apical limit of root canal instrumentation and obturation. Part 2. Literature review. Int Endod J 1998; 31: 394-409. **7.** Kuttler Y: Microscopic investigation of root apex. J Am Dent Assoc 1955; 50: 544-552. **8.** Custer LE: Exact methods of locating the apical foramen. J Nat Dent Assoc 1918; 5: 815-819. **9.** Suzuki K: Experimantal study on iontophoresis. Japanese Journal of Stomatology 1942; 16: 411-429. **10.** Sunada I: New method for measuring the length of the root canal. J Dent Research 1962; 41: 375-387. **11.** Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH: The fundamental operating princeples of electronic root canal measurement devices. Int Endod J 2006; 39: 595-609. **12.** Gordon MPJ, Chandler NP: Electronic apex locators. Int Endod J 2004; 37: 425-437. **13.** Szewczenko J, Obersztyn I: Rozwój elektronicznej metody pomiaru długości roboczej kanału na przykładzie najpopularniejszych endometrów – przegląd piśmiennictwa. Twój Przegląd Stomatologiczny 2008; 9: 76-81. **14.** Lipski M, Woźniak K, Lichota D et al.: Ocena porównawcza endometrów Apex D.S.P. i Root ZX. Badanie *in vitro*. Ann Acad Med Stetin 2008; 54: 33-36. **15.** Ravanshad S, Adl A, Anvar J: Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trial. J Endod 2010; 36: 1753-1756. **16.** El Ayouti A, Weiger R, Lost C: The ability of Root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. J Endod 2002; 28: 116-118. **17.** Borczyk R, Jaremczuk B, Puchała P, Monkos-Jaremczuk E: Ocena *in vitro* lokalizacji otworów fizjologicznych zębów przy pomocy metody radiologicznej i endometru Mark VII. Twój Przegląd Stomatol 2007; 10: 41-43. **18.** Real DG, Davidowicz H, Moura-Netto C et al.: Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locators and direct digital radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2011; 111: e44-e49. **19.** Cianconi L, Angotii V, Felici R et al.: Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: *ex vivo* study. J Endod 2010; 36: 2003-2007. **20.** Vieyra JP, Acosta J: Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators. Int Endod J 2011; 44: 510-518. **21.** Sjögren U, Hagglund B, Sundquist G, Wing K: Factors affecting the long-term results

of endodontic treatment. J Endod 1990; 16: 498-504. **22.** Forsberg J: Radiographic reproduction of endodontic "working length" comparing the paralleling and the bisecting-angle techniques. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1987; 64: 353-360. **23.** Gutierrez JH, Aguayo P: Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995; 79: 769-777. **24.** Stein T, Corcoran J: Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1990; 69: 238-242. **25.** Blaskovic-Subat V, Maricic B, Sutalo J: Asymmetry of the root canal foramen. Int Endod J 1992; 25: 158-164. **26.** Ding J, Gutmann JL, Fan B et al.: Investigation of apex locators and related morphological factors. J Endod 2010; 36: 1399-1403. **27.** Dummer PMH, McGinn JH, Rees DG: The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. Int Endod J 1984; 17: 192-198. **28.** Lewińska E, Lipski M, Marciniak-Paradowska M et al.: Ocena przydatności endometru APEX D.S.P. do pomiaru długości kanału korzeniowego. Badania *in vitro*. Ann Acad Med Stetin 2008; 54: 37-40. **29.** Carvalho ALP, Moura-Netto C, Moura AAM et al.: Accuracy of three apex locators in presence of difference irrigating solutions. Braz Oral Res 2010; 24: 394-398. **30.** Sadeghi S, Abolghasemi M: The effect of file size on the accuracy of the Rypex 5 apex locator: an *in vitro* study. J Dent Res Dent Clin Dent Prospect 2008; 2: 24-27. **31.** Katz A, Kaufman AY, Szajkis S: An *in vitro* model for testing the accuracy of apex locators. Revue Francaise D'Endodontie 1992; 11: 67 [abstract]. **32.** Czerw RJ, Fulkerson MS, Donnelly JC: An *in vitro* test of a simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. J Endod 1994; 20: 605-606. **33.** Baldi JV, Victorino FR, Bernardes RA et al.: Influence of embedding media on the assessment of electronic apex locators. J Endod 2007; 33: 476-479. **34.** Tinaz AC, Alaçam T, Topuz Ő: A simple model to demonstrate the electronic apex locator. Int Endod J 2002; 35: 940-945. **35.** Nguyen HQ, Kaufman AY, Komorowski RC, Friedman S: Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. Int Endod J 1996; 29: 359-364. **36.** Mitelic V, Beljic-Ivanovic K, Ivanovic V: Clinical reproducibility of three electronic apex locators. Int Endod J 2011; 44: 769-776. **37.** de Vasconcelos BC, do Vale TM, de Menezes AS et al.: An *ex vivo* comparison of root canal length determination by three electronic apex locators at positions short of the apical foramen. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2010; 110: e57-e61. **38.** Janner SF, Jeger FB, Lussi A, Bornstein MM: Precision of endodontic working length measurements: a pilot investigation comparing cone-beam computed tomography scanning with standard measurement techniques. J Endod 2011; 37: 1046-1051. **39.** Jeger FB, Janner SF, Bornstein MM, Lussi A: Endodontic working lenght measurement with preexisting cone-beam computed tomography scanning: a prospective, controlled clinical study. J Endod 2012; 38; 884-888.

nadesłano: 20.07.2013
zaakceptowano do druku: 04.09.2013

Adres do korespondencji:
**Joanna Bagińska*
Zakład Propedeutyki Stomatologii UMB
ul. Waszyngtona 15 a, 15-276 Białystok
tel.: +48 857-485-760
e-mail: jbaginska@wp.pl