Uniwersytet Jagielloński
Collegium Medicum
Wydział Lekarski

Joanna Słowik

Ocena komfortu pracy przez lekarza i komfortu zabiegu przez pacjenta zależnie od zastosowanej metody opracowywania kanału korzeniowego

Praca doktorska

Promotor:doc dr hab. Jerzy Krupiński, Profesor Śląskiej Akademii Medycznej

Pracę wykonano w Zakładzie Propedeutyki Stomatologii Zachowawczej Instytutu Stomatologii w Krakowie

Dyrektor Instytutu: Prof dr hab. Stanisław Majewski

Kraków, 2004

SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI ..... II - IV

1. WSTĘP 1

1.1. LECZENIE ENDODONTYCZNE - DEFINICJA, WSKAZANIA, CZĘSTOŚĆ WYKONYWANIA ZABIEGÓW 1

1.2. WŁASNOŚCI STOPU NIKLOWO-TYTANOWEGO WYKORZYSTYWANEGO DO PRODUKCJI INSTRUMENTÓW ENDODONTYCZNYCH 2

1.3. INSTRUMENTY STOSOWANE W LECZENIU ENDODONTYCZNYM 8

1.4. SCHEMAT LECZENIA ENDODONTYCZNEGO 9

1.5. JAKOŚĆ OPRACOWANIA KANAŁÓW KORZENIOWYCH SYSTEMAMI ROTACYJNYMI I TECHNIKAMI PALCOWYMI W BADANIACH EKSPERYMENTALNYCH 10

1.6. BÓL I STRES U PACJENTÓW STOMATOLOGICZNYCH 15

2. ZAŁOŻENIA I CEL PRACY: 19

3. MATERIAŁ I METODY 20

3.1. MATERIAŁ 20

3.2. METODY 20

3.2.1. Dobór pacjentów do grup badawczych 20

3.2.2. Znieczulenie do zabiegów 20

3.2.3. Procedura leczenia 21

3.2.4. Przygotowanie do leczenia endodontycznego 21

3.2.4.1. Metoda *step-back* za pomocą systemu rotacyjnego Lightspeed (metoda I) 22

3.2.4.2. Metoda *step-back* za pomocą narzędzi palcowych stalowych (metoda II) 23

3.2.4.3. Wypełnienie kanałów korzeniowych 23

3.2.5. Metody oceny kanału korzeniowego przed wykonaniem zabiegów 24

3.2.5.1. Subiektywna ocena dolegliwości bólowych odczuwanych przez pacjenta ze strony leczonego zęba przed wykonaniem zabiegu 24

3.2.5.2. Ocena stanu okolicy okołowierzchołkowej za pomocą skali PAI 24

3.2.5.3. Ocena stopnia zakrzywienia kanału wg skali Schneider'a 25

3.2.6. Metody wczesnej oceny leczenia endodontycznego 26

3.2.6.1. Metody obiektywne 26

3.2.6.1.1. Czas opracowywania kanału korzeniowego w sekundach 26

3.2.6.1.2. Liczba wizyt koniecznych do wykonania zabiegu 27
3.2.6.1.3. Powikłania lub przeszkody anatomiczne w trakcie zabiegu 27
3.2.6.1.4. Ocena stopnia wypełnienia kanału korzeniowego 27
3.2.6.2. Metody subiektywne 27
3.2.6.2.1.Ocena lekarza przeprowadzającego zabieg 27
3.2.6.2.2. Ocena pacjenta poddanego leczeniu endodontycznemu 28
3.2.7. Późna ocena leczenia endodontycznego 28
3.2.7.1. Metoda obiektywna 28
3.3. METODY STATYSTYCZNE 28

4. WYNIKI 30

4.1. GRUPY BADAWCZE - CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA 30
4.2. METODY OCENY KANAŁU KORZENIOWEGO PRZED WYKONANIEM LECZENIA ENDODONTYCZNEGO . 31
4.3. OBIEKTYWNE METODY WCZESNEJ OCENY LECZENIA ENDODONTYCZNEGO 32
4.3.1. Czas trwania zabiegu 32
4.3.2. Liczba wizyt 32
4.3.3. Powikłania w trakcie zabiegu 33
4.3.4. Wypełnienie kanału korzeniowego 33
4.4. SUBIEKTYWNE METODY OCENY SKUTECZNOŚCI LECZENIA ENDODONTYCZNEGO 34
4.4.1. Ocena lekarza 34
4.4.2. Ocena pacjenta 35
4.5. PÓŹNA OCENA LECZENIA ENDODONTYCZNEGO 37

5. DYSKUSJA 40

5.1. JAKOŚĆ OPRACOWYWANIA KANAŁÓW KORZENIOWYCH SYSTEMAMI ROTACYJNYMI W BADANIACH KLINICZNYCH 40
5.2. DOBÓR GRUP BADAWCZYCH 43
5.3. CZAS TRWANIA ZABIEGU 44
5.4. POWIKŁANIA W LECZENIU ENDODONTYCZNYM 44
5.5. WYPEŁNIENIE KANAŁÓW KORZENIOWYCH 47
5.6. STAN PRZYZĘBIA WIERZCHOŁKOWEGO PRZED I PO LECZENIU 49
5.7. OCENA LEKARZY 51
5.8. KOMFORT PACJENTA 52

6. WNIOSKI 54

7. STRESZCZENIE 55

8. ZAŁĄCZNIK 1: ELEMENTY SYSTEMU LIGHTSPEED 57

9. ZAŁĄCZNIK 2: ZDJĘCIA RENTGENOWSKIE 58

10. ZAŁĄCZNIK 3: KWESTIONARIUSZ BADANIA 62

11. PIŚMIENNICTWO 66

1. Wstęp

1.1. Leczenie endodontyczne - definicja, wskazania, częstość wykonywania zabiegów

Leczenie endodontyczne jest to zabieg stomatologiczny polegający na usunięciu zawartości komory i kanału korzeniowego, opracowaniu kanału korzeniowego, a następnie jego szczelnym wypełnieniu. Głównym wskazaniem do leczenia endodontycznego są choroby miazgi zęba najczęściej wywołane przez próchnicę, a także choroby tkanek przyzębia, urazy zębów lub zakażenia ogólnoustrojowe. Ponadto wskazaniem może być przygotowanie zęba do leczenia protetycznego lub ortodontycznego [1].

Pierwszym etapem leczenia endodontycznego jest wyłuszczenie miazgi, czyli usunięcie zmienionej chorobowo zawartości komory i światła kanału korzeniowego. Zainfekowana miazga zęba może być także obecna w kanalikach bocznych ścian kanału korzeniowego i może być niedostępna podczas wyłuszczania miazgi. Z tego powodu leczenie endodontyczne polegające jedynie na usunięciu zawartości komory i światła kanału korzeniowego może nie zapobiegać ponownej infekcji [2]. Dlatego kolejnym etapem jest opracowywanie kanału korzeniowego polegające na jego poszerzeniu. Pozwala to na usunięcie większości mikroorganizmów oraz produktów ich przemiany materii, co w konsekwencji znacznie lepiej zapobiega reinfekcji [3, 4]. Usunięcie bakterii z kanału korzeniowego do poziomu niemierzalnego badaniami bakteriologicznymi pozwala na uzyskanie wysokiego odsetka pozytywnych wyników leczenia endodontycznego [5, 6].

Do niedawna uważano, że bakterie są obecne tylko w zakażonej miazdze martwej [7, 8]. Obecnie udokumentowano, że bakterie są obecne zarówno w miazdze martwej jak i zmienionej zapalnie miazdze żywej [9, 10].

W żywej miazdze zmienionej zapalnie bakterie znajdują się głównie w komorze zęba i są niezbyt liczne, natomiast w miazdze martwej stwierdza się je zarówno w świetle kanału korzeniowego jak i w kanalikach zębinowych na całej długości kanału korzeniowego [3, 11, 12, 13, 14].

Leczenie endodontyczne jest jednym z częściej wykonywanych zabiegów stomatologicznych. Według piśmiennictwa, w USA w 1995 roku przeprowadzono czterdzieści milionów takich zabiegów [15]. W populacji, Szwajcarii, liczącej ok. 7 milionów osób, 4000 lekarzy stomatologów wykonuje około 400-500 tyś. leczeń kanałowych rocznie [15, 16]. W Polsce nie ma danych dotyczących liczby wykonywanych zabiegów endodontycznych. W Zakładzie Propedeutyki Stomatologii zachowawczej CM UJ w 1999 roku na ogólną liczbę 2200 przeprowadzonych zabiegów 42% stanowiły leczenia kanałowe zębów.

1.2. Własności stopu niklowo-tytanowego wykorzystywanego do produkcji instrumentów endodontycznych

Pierwsze, podjęte na przełomie XIX i XX wieku próby leczenia chorób miazgi polegały na usuwaniu jedynie miazgi koronowej [17]. Opracowanie ścian kanału korzeniowego było utrudnione przez złą jakość używanych w tym czasie narzędzi endodontycznych. Duży postęp w opracowywaniu ścian kanału korzeniowego nastąpił po opatentowaniu w 1915 roku pilników K, wykonanych ze stali (ang. *K-file*) [17]. Stop stalowy, z którego obecnie najczęściej wykonywane są narzędzia endodontyczne cechuje wysoka sztywność [18]. Ta cecha powoduje, że instrument endodontyczny można użyć wielokrotnie jedynie w leczeniu kanałów korzeniowych o prostym przebiegu. W kanałach korzeniowych o zakrzywionym przebiegu narzędzia ze stopu stalowego można zwykle użyć tylko raz, ponieważ narzędzie takie odkształcone w świetle zakrzywionego kanału korzeniowego nie wraca do swojego pierwotnego kształtu [19, 20].

Przełomem w endodoncji było wprowadzenie w końcu lat osiemdziesiątych XX wieku instrumentów ze stopu niklowo-tytanowego o cechach eliminujących główną wadę poprzednio stosowanych narzędzi, tzn. ich wysoką sztywność [21]. Badania nad własnościami rodziny stopów niklowo-tytanowych, znanych obecnie pod wspólną nazwą nitinol, rozpoczęto na początku lat 60-tych [22].

Nazwa nitinol pochodzi od głównych składników stopu: niklu(Ni-), tytanu(-Ti-) oraz od nazwy ośrodka badawczego Naval Ordnance Laboratory (-nol), gdzie prowadzono te badania. Omawiane stopy wykazują właściwości pamięci kształtu oraz superelastyczności.

Te szczególne cechy stopów z rodziny nitinolu, czynią je użytecznymi w wielu dziedzinach życia i nauki, od endodoncji do badań kosmosu [23]**.**

Pamięć kształtu a superelastyczność

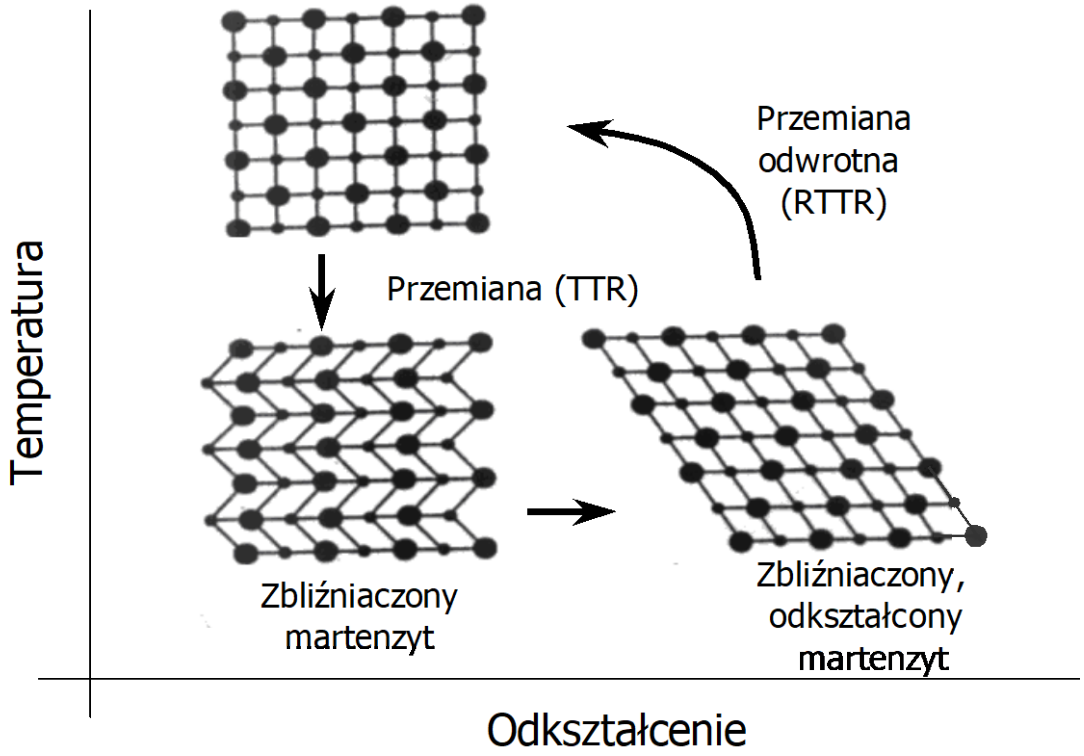
Zjawiska pamięci kształtu i superelastyczności, choć pozornie podobne, różnią się wewnętrznym mechanizmem działania. Zjawisko pamięci kształtu polega na możliwości odtwarzania kształtu wyjściowego poprzez ogrzanie powyżej pewnej temperatury, charakterystycznej dla danego stopu.

Odmiennie, fenomen superelastyczności polega na odtworzeniu kształtu poprzedniego (wyjściowego), natychmiast po usunięciu naprężenia, np. po zaprzestaniu pracy instrumentami endodontycznymi w świetle kanału korzeniowego.

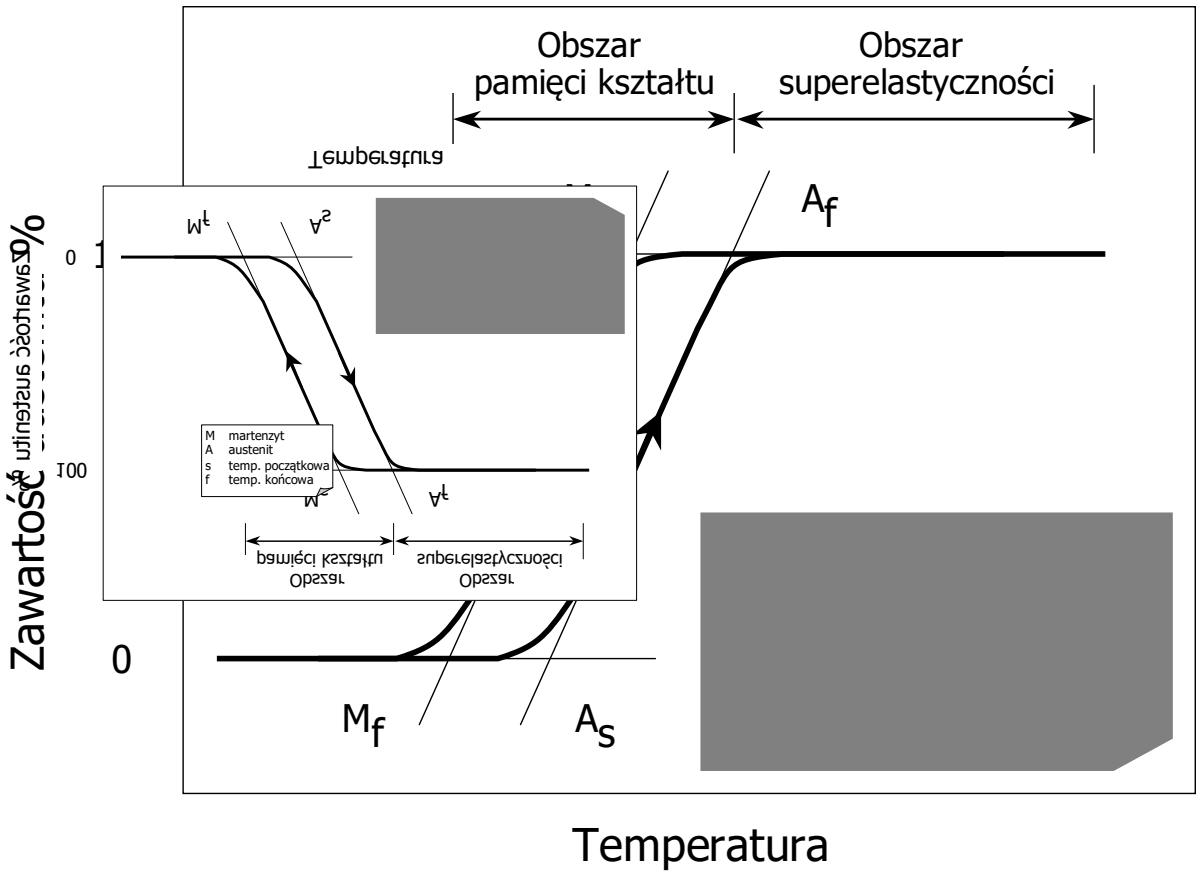
Krystaliczna struktura stopu niklowo-tytanowego w wysokich temperaturach (ok. 100º C) jest stabilną przestrzenną siatką, która określana jest jako faza austenityczna lub inaczej faza podstawowa (ang. *parents phase*). Szczególne właściwości nitinolu ujawniają się podczas procesu chłodzenia w zakresie temperatur krytycznych określanych mianem TTR (ang. *transformation temperature range*). Faza TTR dla stopu niklowo-tytanowego to zakres temperatur od -50° C do +100°C, w zależności od składu i obróbki końcowej stopu.

Podczas procesu chłodzenia następują charakterystyczne przesunięcia atomów w strukturze krystalograficznej (Ryc.1) [24]. Makroskopowo obserwuje się wtedy zmiany modułu elastyczności (określającego sztywność stopu), twardości (ang. *yield strenght*) oraz oporu elektrycznego.

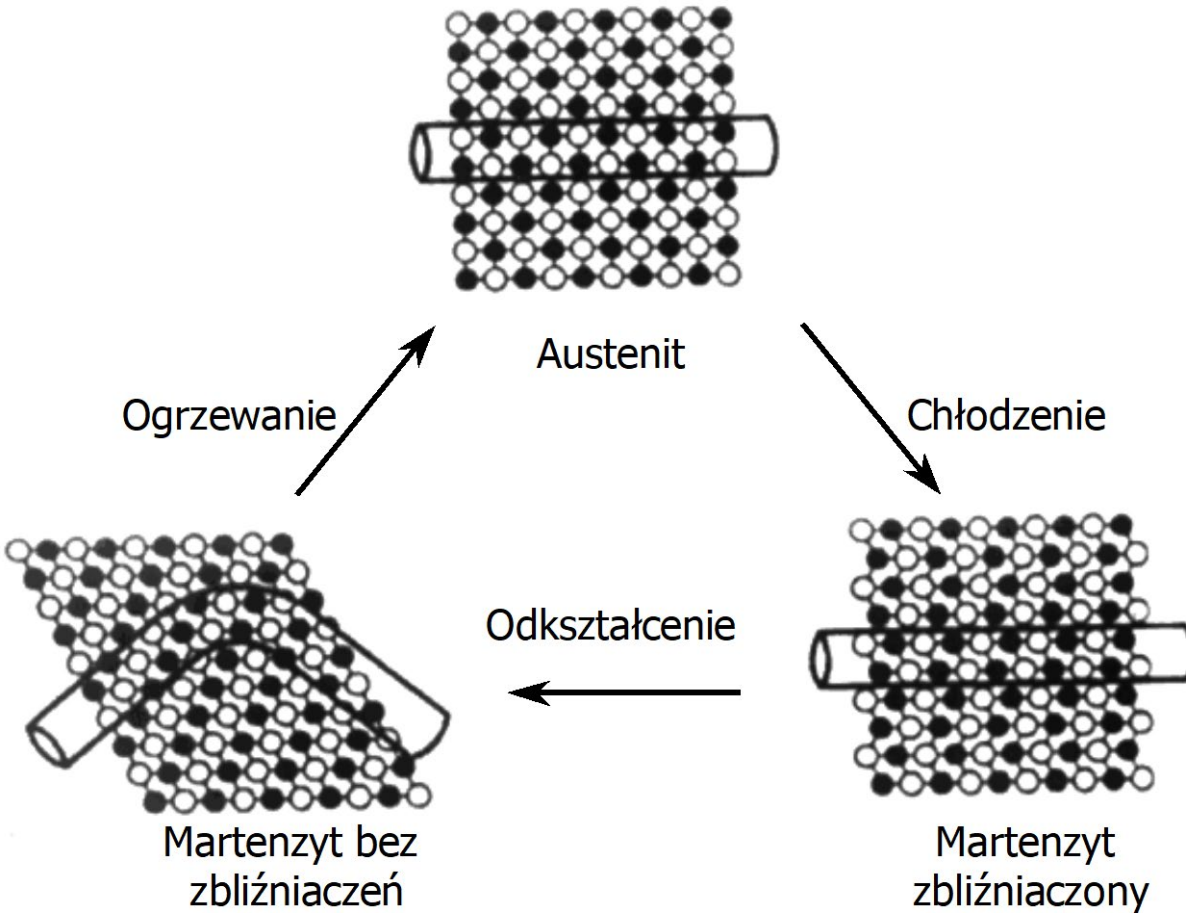
Etapem transformacji jest przejście do fazy martenzytycznej (ang. *martensistie)*, a następnie do fazy tworzącej strukturę, która jest lustrzanym odbiciem swojego poprzednika (ang. *twinned martensiste*). W tej fazie atomy tworzą ściśle upakowaną heksagonalną siatkę. Proces powrotu do fazy austenitycznej jest łatwy, ponieważ stop w fazie martenzytycznej nie jest stabilny i podatny jest na wpływy czynników zewnętrznych. Powrót do fazy austenitycznej (Ryc. 2) zachodzi w wyniku ogrzania stopu w zakresie temperatur As do Af, przy czym w fazie As proces odtwarzania się fazy austenitycznej rozpoczyna się, natomiast w fazie Af kończy się (100% fazy). Zakres faz As-Af określany jest jako RTTR (ang. *revers transformation temperature range*).



Ryc.1. Cykl przemian struktury krystalograficznej w stopie typu nitinol pod wpływem odkształcenia i wygrzewania.



Ryc.2. Zmiany udziału fazy austenitycznej w stopie typu nitinol w zakresie temperatur od Mf (poniżej której stop wykazuje strukturę czysto martenzytyczną) do Af (powyżej której istnieje tylko faza austenityczna).

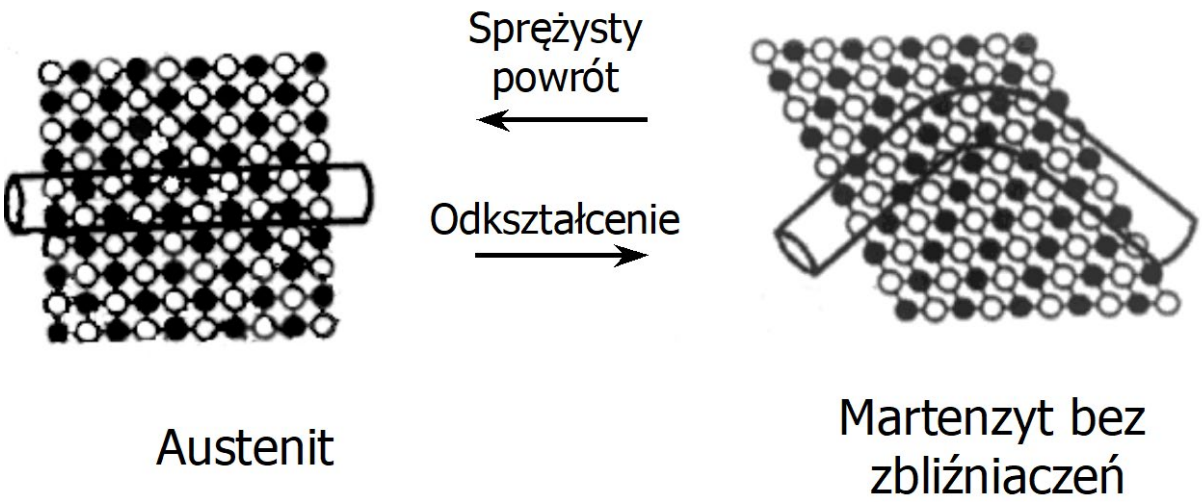


Ryc.3. Przemiany struktury krystalograficznej stopu typu nitinol w cyklu chłodzenie-deformacja-ogrzanie.

Atomy w siatce krystalograficznej nitinolu są połączone silnie ukierunkowanymi wiązaniami elektronowymi. W trakcie transformacji przesunięciu ulegają całe płaszczyzny atomów. Droga jaką pokonują atomy umieszczone w płaszczyznach jest znacznie mniejsza niż odległości międzyatomowe w obecnych w tym stopie konfiguracjach, to znaczy: nikiel-nikiel, tytan-tytan, nikiel-tytan. Fenomen ten ułatwia powrót atomów do ich pozycji sprzed deformacji, co skutkuje odtwarzaniem kształtu.

Przemiana stopu NiTi z fazy austenitycznej do fazy martenzytycznej może być również indukowana przez naprężenie, na przykład wywoływane przez siły działające na instrument podczas opracowywania światła kanału korzeniowego. W większości stopów zakres odkształcenia sprężystego pod wpływem działającej siły zewnętrznej jest bardzo niewielki, a po jego przekroczeniu stop nie powraca do poprzedniego kształtu. Natomiast w stopie NiTi zakres odkształceń, po których zachodzi powrót do kształtu wyjściowego jest bardzo szeroki. Dzieje się tak dlatego, że podczas odkształcenia następuje jedynie

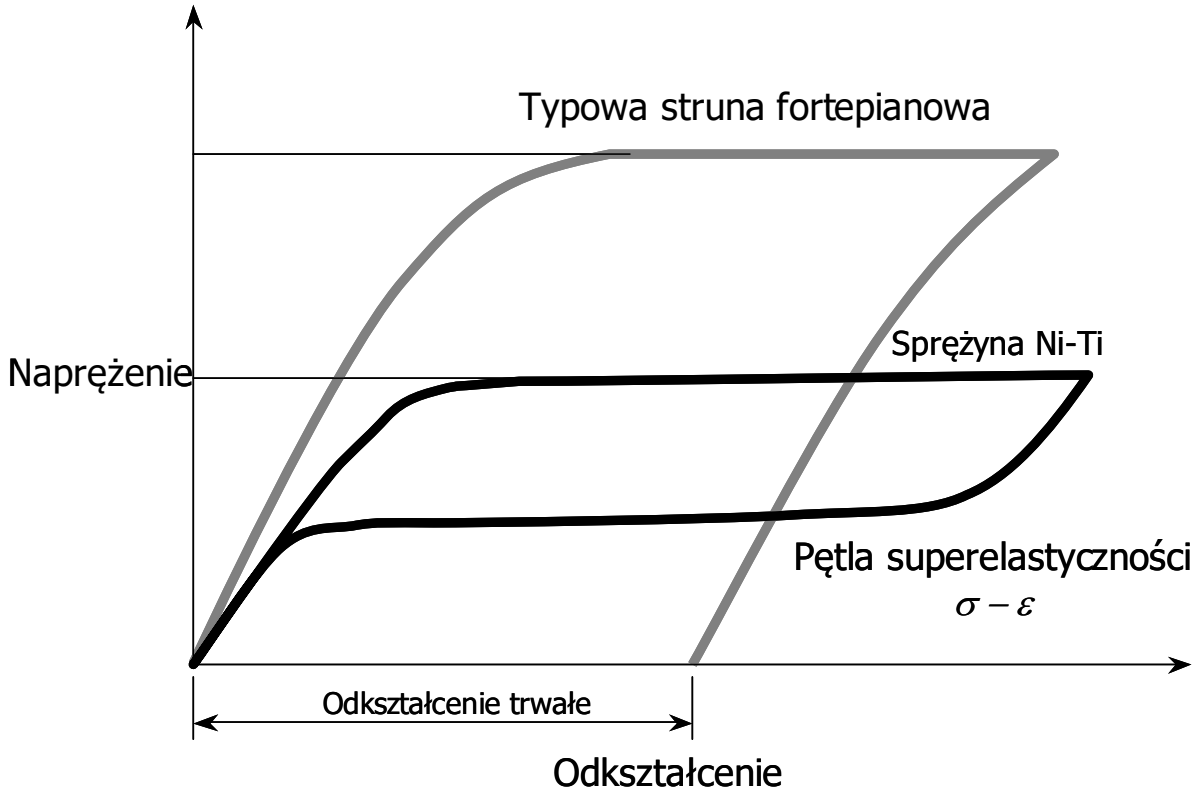
przejście z fazy austenitycznej do fazy martenzytycznej, która to przemiana w tym przypadku nazywana jest produkowaną naprężeniem przemianą martenzytyczną (ang. *stress-induceed martensitic transformation)*.



Ryc.4. Przemiany struktury krystalograficznej stopu typu nitinol w cyklu naprężenie-usuniecie naprężenia.

Cechą charakterystyczną tego procesu jest ustalenie niskiej, niemal zerowej wartości modułu sprężystości. W praktyce powrót instrumentu endodontycznego do poprzedniego kształtu możliwy jest przy odkształceniach nawet 8-krotnie większych niż w przypadku narzędzi wykonanych ze stali nierdzewnej. Ta właściwość stopu niklowo-tytanowgo nazywana jest superelastycznością (Ryc.4) i właśnie ta cecha wykorzystana została w endodoncji do pracy w szczególnie zakrzywionych kanałach korzeniowych.

Inne stopy, np. miedziano-cynkowy, miedziano-aluminiowy, złoto-kadmowy również posiadają własność superelastyczności, ale jedynie stop niklowo-tytanowy jest odporny na korozję i biokompatybilny z tkankami ciała ludzkiego. Charakteryzuje się również odpornością na działanie soli i wody oraz tym, że nie ulega namagnesowaniu. Wadą stopu niklowo-tytanowego jest niezwykle drogi i skomplikowany proces produkcyjny. Przeprowadzane próby wytwarzania instrumentów kanałowych niklowo-tytanowych tańszą metodą skręcania, tak jak w procesie produkcji instrumentów ze stali nierdzewnej, prowadziły do wzrostu podatności stopów niklowo-tytanowych na złamania [26].



Ryc.5. Schematyczne porównanie wykresów zależności naprężenia od odkształcenia dla typowej struny fortepianowej oraz drutu ze stopu NiTi [25].

Również zdolność cięcia zębiny przez instrumenty palcowe ze stopu NiTi jest kilkakrotnie niższa niż narzędzi palcowych ze stopu stalowego nierdzewnego. Dodatkowo czynniki takie jak ślina, roztwór podchlorynu sodowego oraz poddawanie narzędzi procesowi sterylizacji mogą pogarszać zdolność cięcia zębiny. Dlatego też, opracowanie kanału korzeniowego do takiego samego rozmiaru narzędziami palcowymi ze stopu niklowo-tytanowego wymaga kilkakrotnie większego wysiłku, niż przy zastosowaniu narzędzi palcowych ze stopu stalowego nierdzewnego. Z tego powodu własność superelastyczności stopu niklowo-tytanowego umożliwiająca szybką i bezpieczną pracę w kanale korzeniowym została w pełni wykorzystana dopiero dzięki zastosowaniu rotacji generowanej silnikiem elektrycznym. Ruch obrotowy silnika poruszający instrument niklowo-tytanowy z prędkością od 150 do 1500 obrotów na minutę, zastępuje wysiłek ręki lekarza, zdecydowanie ułatwiając precyzyjną pracę w kanale korzeniowym.

1.3. Instrumenty stosowane w leczeniu endodontycznym

W leczeniu endodontycznym stosuje się głównie instrumenty palcowe (np. ze stali czy ze stopu niklowo-tytanowego) oraz instrumenty rotacyjne wchodzące w skład systemów rotacyjnych (np. ProFile.04, Quantec 2000, Lightspeed). Do niedawna używano zamiennie pojęcia instrumenty ręczne i palcowe. Obecnie instrumenty ręczne definiuje się jako te, które posiadają przedłużony trzonek trzymany w dłoni uchwytem pisarskim, a instrumenty palcowe, jako te, które posiadają krótki trzonek i trzyma się je palcami. Zasada działania instrumentów palcowych polega na odpowiednim uchwycie i wykonywaniu charakterystycznych ruchów. Instrumenty te trzyma się za pomocą kciuka, palca wskazującego i środkowego jednocześnie wykonując odpowiednie dla danego typu narzędzia ruchy obrotowe i/lub posuwiste góra-dół [19].

Stosowanie tego typu instrumentów do poszerzenia kanału korzeniowego wymaga czasochłonnego szkolenia i w dużym stopniu zależy od indywidualnych zdolności manualnych wykonującego zabieg. Ponadto ich stosowanie jest uciążliwe ze względu na szybkie męczenie się mięśni dłoni przez wymuszoną pozycje ręki i konieczność wykonywania skomplikowanych ruchów palcami. Dodatkowym utrudnieniem jest mała powierzchnia pola operacyjnego jamy ustnej przez co szczególnie uciążliwa jest praca w kanałach bliższych, dalszych i podniebiennych zębów bocznych [27]. Wprowadzenie instrumentów rotacyjnych, gdzie jedynym ruchem wykonywanym przez rękę lekarza jest lekki ruch góra-dół kątnicą z mikrosilnikiem, w której umieszczony jest bardzo giętki, odpowiednio dopasowany, stawiający niewielki opór w świetle kanałów korzeniowych instrument niklowo-tytanowy, powoduje stopniowe wycofywanie palcowych technik opracowywania przy użyciu sztywnych narzędzi stalowych.

Pierwszym wprowadzonym na rynek systemem rotacyjnym wykorzystującym instrumenty niklowo-tytanowe był system Lightspeed. Instrumenty niklowo-tytanowe wchodzące w skład tego systemu są zbudowane z krótkiej tnącej główki z częścią pilotującą tępo zakończoną (załącznik 1). Tępe zakończenie główki zabezpiecza przed perforacją światła kanału korzeniowego i przed uzyskaniem jego niepożądanego kształtu. Cięcie zębiny uzyskuje się przez wykorzystanie rotacyjnego ruchu główki, która na swojej bocznej powierzchni posiada spiralne rowki. Obecność części tnącej na bocznej powierzchni główki ułatwia kształtowanie światła kanału korzeniowego i usuwanie ściętej

zębiny ze ścian bocznych kanału korzeniowego w kierunku dokoronowym. Zamocowanie tnącej główki na cienkim i elastycznym trzonie ułatwia poruszanie się instrumentu w świetle nawet zakrzywionego kanału korzeniowego i pozwala na utrzymanie jego naturalnego przebiegu [28].

1.4. Schemat leczenia endodontycznego

Obecnie światło kanału korzeniowego opracowuje się w dwu kierunkach: od wierzchołka do korony zęba lub od korony zęba do jego wierzchołka.

Pierwszą zastosowaną metodą leczenia endodontycznego, która wykorzystuje schemat leczenia od wierzchołka do korony zęba, jest metoda *step-back*, inaczej nazywana teleskopową. Metoda ta została opisana w 1969 roku przez Clema [29], a jej zastosowanie do opracowywania zakrzywionych kanałów korzeniowych zostało opisane przez Mullaneya [30]. Obecnie uważana jest za metodę klasyczną, ponieważ większość innych metod leczenia endodontycznego stanowi jej modyfikację. Metoda *step-back* w pierwotnej wersji została opisana dla palcowych narzędzi stalowych. Schemat postępowania w metodzie *step-back* został wykorzystany również po pojawieniu się na rynku palcowych narzędzi ze stopu niklowo-tytanowego, a także w niektórych systemach rotacyjnych, np. Lightspeed. Zastosowanie metody *step-back* do poszerzenia i kształtowania światła kanału korzeniowego pozwala na uzyskanie kształtu najbardziej przypominającego naturalne światło kanału korzeniowego, tzn. kształtu stożka. Po uzyskaniu poszerzenia kanału korzeniowego na całej jego długości opracowuje się 1/3 przywierzchołkową kanału korzeniowego, wprowadzając instrumenty na coraz krótszą długość, tak aby nadać mu jak najbardziej fizjologiczny kształt.

Metoda leczenia endodontycznego, w której wykorzystuje się schemat opracowywania od korony do wierzchołka korzenia zęba to metoda crown-down lub step-down. W przeciwieństwie do techniki *step-back*, w technice crown-down opracowuje się najpierw 1/3 przykoronową część światła kanału korzeniowego, a 1/3 wierzchołkową na końcu.

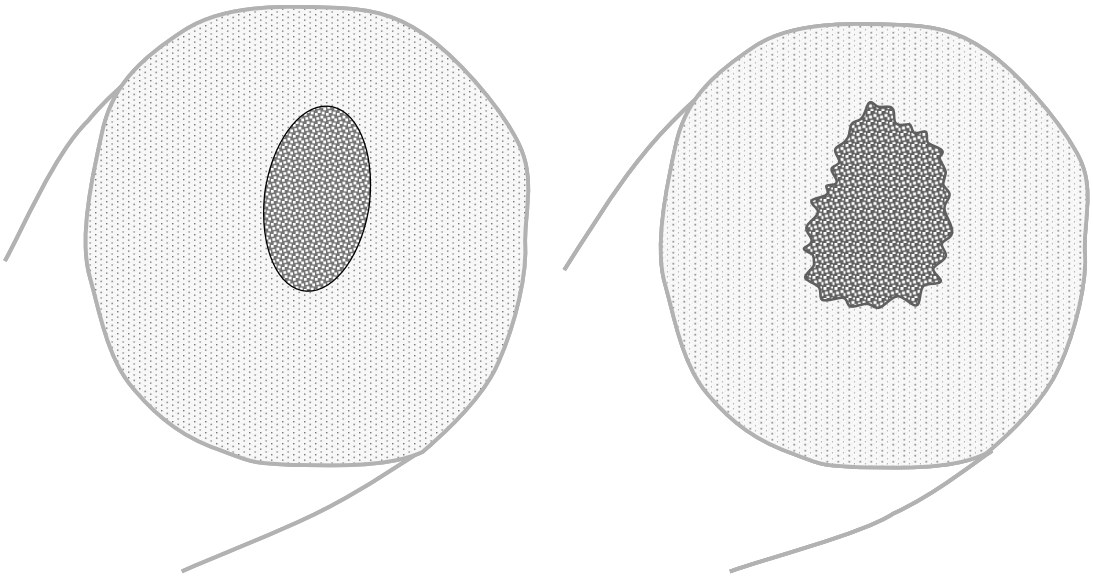
Obecnie wszystkie techniki oczyszczania i kształtowania światła kanałów korzeniowych, także i te, które wykorzystują nowe instrumenty (np. GT) lub systemy (np. Profile.04, Lightspeed, Quantec 2000, K3) są modyfikacją schematu *step-back* lub step-down.

1.5. Jakość opracowania kanałów korzeniowych systemami rotacyjnymi i technikami palcowymi w badaniach eksperymentalnych

Pojawienie się na rynku systemów rotacyjnych stworzyło konieczność oceny ich jakości w stosunku do technik palcowych. Większość badań w tym zakresie była prowadzona w warunkach eksperymentalnych, na bloczkach plastikowych ze sztucznie wytworzonym światłem kanału korzeniowego lub na usuniętych zębach ludzkich.

W badaniach *in vitro* przeprowadzonych przez Porteniera i wsp. [17] porównywano przemieszczenie naturalnego środka światła kanałów korzeniowych w 18 zębach ludzkich opracowanych według schematu *step-back* systemem Lightspeed lub narzędziami stalowymi palcowymi. Badane kanały korzeniowe osadzano w czystych blokach plastikowych i przecinano poprzecznie za pomocą piły o grubości 0.1 mm w odległości 1.25 mm, 3.25 mm i 5.25 mm od wierzchołka korzenia. Poprzeczne powierzchnie przeciętych kanałów korzeniowych skanowano za pomocą mikroskopu. Następnie uprzednio przecięte zęby sklejano, po czym połowę zębów opracowywano systemem Lightspeed, a połowę narzędziami palcowymi. Główne narzędzie dla systemu rotacyjnego Lightspeed, (*ang. Master Apical Rotary*) to rozmiar #50, a dla metody palcowej (*ang. Master Apical File*) to rozmiar #40. Opracowane kanały korzeniowe sfotografowano i obraz zeskanowano. Pozwoliło to na porównanie przebiegu światła kanałów korzeniowych przed i po opracowaniu.

Przemieszczenie środków kanałów korzeniowych po opracowaniu w porównaniu do stanu wyjściowego oceniano w płaszczyźnie poprzecznego przecięcia kanału. Dodatkowo oceniano także wzrost powierzchni przekroju kanałów korzeniowych po opracowaniu w relacji względem powierzchni przekroju pilników lub instrumentów rotacyjnych. Instrumenty Lightspeed poruszane za pomocą końcówki mikrosilnika opracowywały kanał korzeniowy ze znacząco mniejszym przemieszczeniem jego środka, niż narzędzia palcowe. Wynika z tego, że po opracowaniu systemem Lightspeed kanały korzeniowe lepiej zachowują swój naturalny przebieg. Powierzchnia przekroju kanału korzeniowego po opracowaniu systemem Lightspeed w stosunku do powierzchni przekroju kanału korzeniowego leczonego metodą palcową była znacząco mniejsza, co może świadczyć o mniejszym zniszczeniu zdrowej zębiny w grupie leczonej tym systemem (Ryc. 6).



Ryc. 6. Schemat przekroju kanału korzeniowego opracowywanego systemem Lightspeed (po lewej), i techniką step-back narzedziami palcowymi (po prawej).

Zmiany przebiegu kanałów korzeniowych opracowywanych metodą równowagi sił (ang. *balance force*), z użyciem stalowych pilników K lub za pomocą dwóch systemów rotacyjnych, tzn. systemu Lightspeed oraz Profile.04 oceniano w pracy Petersa i wsp. [31]. W tym badaniu efekt opracowywania kanałów korzeniowych za pomocą trzech wyżej wymienionych technik zarejestrowano tomografią komputerową. Ocenie podlegała zmiana powierzchni przekrojów opracowywanych kanałów korzeniowych mierzona w milimetrach kwadratowych i zmiana objętości światła kanału korzeniowego mierzona w milimetrach sześciennych. Głównym celem tego badania było porównanie trójwymiarowych obrazów kanałów korzeniowych przed i po zabiegach wykonywanych trzema różnymi technikami. Ocenie poddano 18 kanałów korzeniowych ekstrahowanych zębów trzonowych, które podzielono na trzy grupy zależnie od techniki opracowywania światła kanału korzeniowego. Wzrost objętości kanałów korzeniowych był największy w grupie opracowywanej systemami Lightspeed lub Profile.04 i wynosił odpowiednio 86,9% i 81,2%, podczas gdy w grupie opracowywanej pilnikami typu K wzrost objętości wynosił zaledwie 31,4%. Świadczy to o przewadze systemów rotacyjnych nad metodami palcowymi. Metody rotacyjne pozwalają na usunięcie większej objętości zainfekowanej zębiny, a tym samym na dokładniejsze oczyszczenie kanałów korzeniowych z flory bakteryjnej.

Autorzy badali również przyczyny niedokładności opracowywania kanałów korzeniowych oceniając tę powierzchnię kanału, z której zainfekowana zębina nie została

usunięta. W grupie kanałów korzeniowych opracowywanych narzędziami palcowymi K powierzchnia, która nie została opracowana wynosiła 53,5%, natomiast w grupie opracowanej przez systemy rotacyjne Lightspeed lub Profile.04 wynosiła mniej, odpowiednio 38.8% i 42,8%. Jest to kolejny dowód na to, że systemy rotacyjne usuwają zainfekowaną zębinę bardziej skutecznie. W badaniu tym zastosowano także wskaźnik konstrukcji twardych tkanek kanału korzeniowego SMI (ang. *Structure Model Index*) służący do oceny kształtu kanału korzeniowego przed i po opracowaniu. Zastosowanie tego wskaźnika pozwoliło na stwierdzenie, że kanały policzkowe bliższe i dalsze uzyskały optymalny, okrągły kształt jedynie w grupie leczonej systemem Lighspeed, podczas gdy kanały podniebienne nie uzyskały wymaganego okrągłego przekroju w żadnej grupie.

Autorzy zwrócili również uwagę na fakt, że największe zmiany we wzroście objętości kanałów korzeniowych zanotowano w kanałach policzkowych bliższych i dalszych, które anatomicznie są bardzo wąskie. W kanałach podniebiennych, które są szerokie, nie zanotowano tak dużego przyrostu objętości. Świadczy to o tym, że rodzaj opracowywanego kanału korzeniowego wpływa na końcowy efekt jego opracowywania [31].

W kolejnym badaniu Wu i wsp. [32] oceniali wpływ zniekształceń światła kanału korzeniowego występujących z powodu przemieszczenia jego środka podczas opracowywania systemem Lightspeed i schematem *step-back* za pomocą narzędzi palcowych na jakość wypełnienia kanałów korzeniowych. Usunięte ludzkie zęby przedtrzonowe podzielono na dwie grupy zależnie od stopnia zakrzywienia kanałów korzeniowych. Do pierwszej grupy zaliczono kanały korzeniowe o stopniu zakrzywienia od 21 do 39 stopni, do drugiej kanały korzeniowe proste.

Zmiany przemieszczenia światła kanału korzeniowego w okolicy wierzchołka (*ang. apical transportation – AT*) oceniano na podstawie zdjęć rentgenowskich przed i po opracowaniu kanałów korzeniowych. Następnie opracowane kanały korzeniowe wypełniano metodą kondensacji bocznej z uszczelniaczem, a jakość wypełnienia badano oceniając przeciek wierzchołkowy do 3 mm od wierzchołka kanału korzeniowego. W omawianej pracy obecność AT i/lub perforacji stwierdzono w 87% kanałów zakrzywionych opracowywanych metodą palcową *step-back*. W zakrzywionych kanałach korzeniowych opracowywanych systemem Lightspeed wskaźnik AT zanotowano tylko w 19%. W grupie kanałów zakrzywionych opracowywanych metodą palcową *step-back*

przeciek przywierzchołkowy stwierdzano częściej niż w grupach kanałów korzeniowych prostych opracowywanych tą samą metodą oraz grupie zakrzywionych kanałów korzeniowych opracowywanych systemem Lightspeed (p=0.002). Autorzy wykazali również, że jakość wypełnienia kanału korzeniowego, szczególnie w okolicy wierzchołkowej, determinowana jest przez precyzyjne opracowanie tej okolicy.

Podobne do opisanych powyżej wyników dotyczących jakości opracowywania kanałów korzeniowych, uzyskali Reddy i Hicks [33], którzy porównywali ilość opiłków zębiny przemieszczających się dowierzchołkowo podczas leczenia kanałów korzeniowych prostych czterema metodami (dwa systemy rotacyjne: Lightspeed i Profile.04 oraz dwie metody palcowe: według schematu *step-back* za pomocą pilników K i schematu balance-force za pomocą pilników Flex R). Autorzy wykazali, że metody wykorzystujące ruch rotacyjny w znacznie większym stopniu usuwają opiłki zębiny ze światła kanału korzeniowego niż leczenie wykorzystujące ruch góra-dół (np. w schemacie *step-back* pilnikami K). W warunkach klinicznych pozostawienie dużej ilości zainfekowanych opiłków zębiny w kanale korzeniowym, tak jak ma to miejsce w metodach wykorzystujących ruch góra-dół, może przekładać się na powikłania pozabiegowe w postaci dolegliwości bólowych i zaostrzenia procesów zapalnych w tkankach okołowierzchołkowych [10].

W kilku badaniach doświadczalnych system Lightspeed porównywano również z innymi systemami rotacyjnymi z zastosowaniem narzędzi niklowo-tytanowych [34, 35, 36]. Na przykład, w badaniach Versümera i wsp. [37] system Lightspeed porównywano z systemem rotacyjnym ProFile.04. Ocenie poddano 50 zębów trzonowych z podobnym zakrzywieniem kanałów korzeniowych. Wszystkie kanały korzeniowe opracowywano do rozmiaru #45 według zaleceń producentów. W systemie Lightspeed zastosowano schemat *step-back*, natomiast w systemie Profile.04 schemat crown-down. W każdym przypadku oceniano 1) zachowanie krzywizny kanału korzeniowego na podstawie zdjęcia przed- i pozabiegowego; 2) pozabiegową średnicę światła kanału korzeniowego (zdjęcie rentgenowskie przekroju zęba przed i po zabiegu); 3) powikłania na podstawie kwestionariusza, który wypełniali lekarze uczestniczący w badaniu, tzn. złamanie narzędzia, perforacja ściany, blokada przywierzchołkowa, utrata długości roboczej; 4) stopień oczyszczenia światła kanału korzeniowego; 5) czas pracy.

W badaniu stwierdzono, że krzywizny poszczególnych kanałów korzeniowych były zachowane w obu analizowanych grupach (średnia wartość zmiany krzywizny nie była większa niż 1°). Do złamania narzędzia doszło w trzech przypadkach opracowywanych systemem Profile.04. W żadnym przypadku opracowywanym systemem Lightspeed złamanie narzędzia nie wystąpiło. Utrata długości roboczej, perforacja lub blokada światła kanału korzeniowego nie nastąpiła w żadnej z badanych grup. Przekroje poprzeczne kanałów korzeniowych po opracowywaniu w grupie Profile.04 miały najczęściej kształt okrągły (64%), rzadziej owalny (30,7%) i nieregularny (5,3%). W grupie opracowywanej systemem Lightspeed 41% przekrojów poprzecznych kanałów korzeniowych miało kształt okrągły, 45% kształt owalny, natomiast 13,3% nieregularny. Te niewielkie różnice nie były istotne statystycznie. Średni czas pracy był krótszy dla systemu Profile.04 niż dla Lightspeed i wynosił odpowiednio 105 s oraz 140 s.(P=0.026). Czas mierzony w trakcie tego badania nie uwzględniał czasu potrzebnego na zmianę instrumentów oraz na przepłukiwanie kanału korzeniowego. Badanie za pomocą mikroskopu elektronowego pozwoliło na stwierdzenie, że obydwa systemy bardzo podobnie oczyszczają kanał korzeniowy z opiłków zębiny. Stwierdzono, że w grupie leczonej systemem Lightspeed 68% kanałów korzeniowych uzyskało najwyższy stopień oczyszczenia, podczas gdy w grupie leczonej systemem Profile.04, najwyższy stopień oczyszczenia uzyskano w 64% przypadków. Porównywalne wyniki uzyskano również w zdolności obu systemów do usuwania warstwy mazistej. Z cytowanej wyżej pracy wynika, że systemy rotacyjne mają porównywalną skuteczność opracowywania światła kanału korzeniowego i liczbę powikłań w trakcie leczenia.

W kolejnym badaniu doświadczalnym [38] oceniano *in vitro* skuteczność i bezpieczeństwo aż czterech różnych systemów rotacyjnych stosujących narzędzia niklowo-tytanowe i porównywano je z dwoma różnymi metodami z zastosowaniem palcowych narzędzi stalowych. W celu porównania zdolności poszczególnych narzędzi kanałowych do opracowywania kanału korzeniowego mierzono na zdjęciach rentgenowskich różnicę powierzchni przekrojów kanałów korzeniowych przed i po ich opracowaniu. Dodatkowo mierzono czas opracowywania, odnotowywano częstość złamań instrumentów w trakcie pracy oraz zmiany długości roboczej.

Średni czas opracowywania instrumentami Profile.04 wynosił 6,55 minut, podczas gdy średni czas opracowywania kanałów korzeniowych instrumentami Ergoflex stalowymi

palcowymi był dwukrotnie wyższy i wynosił 14,12 minut. Nie stwierdzono utraty długości roboczej w żadnym z opracowywanych kanałów korzeniowych. Stwierdzono, że wszystkie zastosowane w tym badaniu instrumenty (również prototypowe) miały tendencje do niekorzystnego „prostowania" światła kanału korzeniowego w części środkowej. Świadczy to o tym, że także praca systemami rotacyjnymi z użyciem bardzo elastycznych narzędzi niklowo-tytanowych wymaga precyzji i uwagi w celu uniknięcia zmiany kształtu kanału korzeniowego, szczególnie kanału zakrzywionego.

Wyniki badań laboratoryjnych wskazują, że systemy rotacyjne w porównaniu z technikami stosującymi narzędzia palcowe charakteryzuje: krótszy czas pracy, mniejsza tendencja narzędzi do przemieszczenia wierzchołkowego, skuteczniejsze usuwanie zainfekowanej zębiny i warstwy mazistej oraz zwiększa zdolność do zachowania naturalnego przebiegu światła kanału korzeniowego. Konsekwencją tego jest precyzyjniejsze opracowanie światła kanału korzeniowego, utrzymanie długości roboczej, mniejsza liczba powikłań wynikających ze złamań narzędzi w kanale oraz mniejsza skłonność do tworzenia stopni lub blokad w świetle.

Z przeglądu piśmiennictwa cytowanego w bazie Medline wynika, że dotychczas przeprowadzono tylko jedno badanie kliniczne oceniające jakość pracy systemem Lightspeed, którego celem była ocena akceptacji pracy tym systemem przez szwajcarskich lekarzy praktyków na początku lat dziewięćdziesiątych, gdy metoda była wprowadzana na rynek [15].

1.6. Ból i stres u pacjentów stomatologicznych

Ból jest pojęciem psychobiologicznym, który ma dwie komponenty: fizyczne odczuwanie bólu, które może być zniesione przez znieczulenie, oraz reakcję emocjonalną i behawioralną na ból (lęk, niepokój, obniżenie nastroju, skłonność do płaczu, itd.), która może być kontrolowana lekami oraz zależy od postrzegania bólu przez pacjenta. Emocje związane z odbieraniem bólu są różne u każdego pacjenta i mogą ulegać zmianom poprzez nasilenie lub obniżenie percepcji bólu [39].

Reakcje bólowe zęba zdrowego i chorego są różne. Ból zdrowego zęba odczuwany przez pacjenta po zadziałaniu bodźca, na przykład termicznego, jest inny niż ból zęba ze

zmienioną zapalnie miazgą. W zębie zdrowym reakcja na bodziec jest natychmiastowa i ustępuje od razu po zaprzestaniu działania bodźca. W miazdze zęba ze zmianami zapalnymi, występuje obniżenie progu bólowego i wydłużenie czasu odczuwania bólu po zadziałaniu bodźca. W takiej sytuacji również znacznie słabszy bodziec wywołuje silniejszy ból niż w zdrowym zębie.

Niezależnie od indywidualnych różnic percepcji i reakcji na ból pacjenci odbierają ból różnie w zależności od jego lokalizacji. Większy niepokój wzbudza ból w obrębie gałki ocznej lub brzucha niż dolegliwości związane ze zranieniem palca. Pacjenci stomatologiczni bardziej obawiają się komplikacji chorobowych w obrębie zębów przednich niż bocznych [39]. Reakcja bólowa przewodzona jest włóknami nerwowymi A delta i C. Poszczególne szlaki nerwowe kończą się w odpowiednich, dla danego rodzaju włókna, miejscach w ośrodkowym układzie nerwowym, gdzie informacja jest rozpoznawana i interpretowana. Receptory bólowe zlokalizowane w miazdze nie pozwalają na zróżnicowanie charakteru działającego bodźca uszkadzającego. Niezależnie od rodzaju działającego bodźca tzn. mechanicznego, elektrycznego, chemicznego lub termicznego, reakcją miazgi jest zawsze ból. W przewodzeniu bodźców z rejonu jamy ustnej pośredniczą obwodowe włókna nerwu trójdzielnego.

Natężenie bólu jest zależne od takich czynników jak: częstość pobudzania oraz liczba i rodzaj włókien nerwowych. Włókna nerwowe dzielą się na: szybkoprzewodzące-zmielinizowane typu A oraz wolnoprzewodzące –niezmielinizowane typu C. Charakter odczuwanego bólu zależy od rodzaju wzbudzanego włókna nerwowego. Za odczuwanie ostrego bólu odpowiedzialne są włókna typu A delta, natomiast za odczuwanie bólu piekącego, szarpiącego, głębokiego i źle zlokalizowanego odpowiedzialne jest wzbudzenie włókien typu C.

Włókna A i C miazgi zęba są włóknami nocyceptywnymi, odpowiedzialnymi za czucie bodźców powodujących zniszczenie tkanki. Część zakończeń włókien A i C działa jako nocyceptywne mechanoreceptory i jest odpowiedzialna za ostrzeganie o trwającej patologii w obrębie twardych i miękkich tkanek zęba. Inna część włókien A i C jest odpowiedzialna za odbieranie bodźców mechanicznych, termicznych, chemicznych lub dotyku. Sąsiedztwo obu rodzajów włókien powoduje, że pacjenci mają często kłopoty z oceną intensywności, rodzaju oraz czasem trwania dolegliwości ze strony zęba [40, 41].

Włókna typu A po wejściu do miazgi przez wierzchołek korzenia zęba dzielą się na mniejsze odgałęzienia, które kierują się w stronę koronową miazgi zęba. Tracą swą osłonkę mielinową i poprzez anastomozy łączą się z włóknami ze splotu Raszkowa. Zakończenia tych włókien znajdują się w pobliżu granicy z zębiną, a część z nich penetruje w głąb kanalików zębinowych na odległość 150-200 μm. Największe skupiska zakończeń znajdują się w rogach miazgi. Włókna typu A unerwiają głównie zębinę [42].

Włókna typu C są zlokalizowane w centralnej części miazgi zęba i unerwiają miazgę oraz jej naczynia krwionośne. Wzbudzenie tych włókien następuje pod wpływem czynników zapalnych, zmiany ciśnienia w jamie zęba lub zmiany prędkości przepływu krwi w naczyniach krwionośnych. Stymulowane włókna C uwalniają neuropeptydy: CGRP lub substancje P. Z kolei neuropeptydy wzmagają reakcje zapalną poprzez stymulowanie uwalniania histaminy i metabolitów kwasu arachidonowego [43].

Toczący się proces zapalny w miazdze zęba może doprowadzić do jej martwicy, a następnie uszkodzenia tkanek okołowierzchołkowych, widocznego w obrazie radiologicznym. Zmielinizowane jak i niezmielinizowane włókna nerwowe, które mogą odpowiadać na bodźce, znaleziono zarówno w zębach z martwą miazgą jak i zapaleniem tkanek okołowierzchołkowych. Dlatego też, uważa się, że opracowywanie kanałów korzeniowych zębów z martwą miazgą może powodować ból [44, 45, 46].

W powstawaniu bólu uczestniczą zarówno procesy fizjologiczne jak i psychologiczne. Postrzeganie bólu jest najważniejszym procesem zaangażowanym w subiektywne jego odczuwanie. Percepcja bólu pojawia się po dotarciu informacji do centralnego systemu nerwowego. Reakcja pacjenta na ból jest osobniczo zmienna i może być niezależna od obrazu klinicznego choroby [47]. Sposób w jaki pacjent odczuwa ból determinowany jest często przez przeszłe doświadczenia związane z zabiegami stomatologicznymi, obawą co do spodziwanych procedur stomatologicznych oraz osobniczej zdolności do radzenia sobie z bólem. Odczuwane emocje mogą obniżyć próg bólowy i przez to wzmocnić reakcje [48].

Ważne wydaje być się uświadomienie pacjentowi charakteru jego dolegliwości oraz braku negatywnego wpływu leczenia na stan organizmu. Dodatkowym czynnikiem zmniejszającym niepokój pacjenta (a także odczuwanie bólu) jest zaufanie do lekarza i zabiegów wykonywanych przez lekarza, celem wyeliminowania bólu. Wprowadzanie

nowych procedur leczniczych skracających czas zabiegu, zwiększa komfort pracy lekarza oraz minimalizuje stres pacjenta.

Pomimo wielu badań eksperymentalnych wskazujących na przewagę systemów rotacyjnych nad technikami palcowymi z zastosowaniem instrumentów stalowych większość kanałów korzeniowych jest wciąż opracowywana przy użyciu konwencjonalnych narzędzi palcowych. Na przykład w Danii systemy rotacyjne są obecnie stosowane tylko przez 20% lekarzy praktyków [49]. Na podstawie dostępnego piśmiennictwa polskiego i zagranicznego nie znaleziono dowodów, ze techniki rotacyjne są znacznie wygodniejsze dla lekarza i bardziej komfortowe dla pacjenta.

2. Założenia i cel pracy:

Badania eksperymentalne jednoznacznie wskazują na przewagę systemu rotacyjnego Lightspeed nad technikami palcowymi. Brak prospektywnych badań klinicznych, które oceniałyby skuteczność leczenia i jakość pracy systemem Lightspeed w porównaniu z powszechnie stosowanymi metodami palcowymi leczenia endodontycznego było powodem przeprowadzenia badania na własnym materiale, którego celem były:

- ocena komfortu pracy lekarza (czas poświęcony na wykonanie zabiegu, jakość pracy, występowanie powikłań i odczucie zmęczenia w czasie zabiegu) oraz komfortu zabiegu odczuwanego przez pacjenta zależnie od metody opracowywania kanału korzeniowego, tzn. za pomocą systemu rotacyjnego Lightspeed (metoda I) i techniki *step-back* instrumentami palcowymi stalowymi (metoda II)
- ocena stopnia wypełnienia kanałów korzeniowych zależnie od zastosowanej metody ich opracowywania.

Do realizacji wyżej wymienionych celów zaplanowano następujące zadania badawcze:

- Porównanie czasu trwania zabiegu i liczby wizyt potrzebnych do zakończenia leczenia endodontycznego wykonywanego systemem rotacyjnym Lightspeed i techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi
- Analiza częstości i rodzaju powikłań w trakcie zabiegu u pacjentów leczonych systemem rotacyjnym Lightspeed i techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi
- Porównanie w obrazie rentgenowskim stopnia wypełnienia kanałów korzeniowych u pacjentów leczonych systemem Lightspeed i techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi
- Porównanie jakości pracy lekarzy podczas leczenia endodontycznego wykonywanego systemem Lightspeed i techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi
- Analiza komfortu zabiegu endodontycznego odczuwanego przez pacjentów leczonych systemem Lightspeed i techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi
- Porównanie za pomocą zdjęć rentgenowskich odległych efektów leczenia endodontycznego zębów.

3. Materiał i metody

3.1. Materiał

Materiał stanowiło 75 kolejnych pacjentów leczonych endodontycznie w Zakładzie Propedeutyki Stomatologii Zachowawczej CM UJ z powodu zapalenia nieodwracalnego miazgi, martwicy miazgi, zapalenia tkanek okołowierzchołkowych ostrego i przewlekłego lub urazu zęba. Wszyscy zakwalifikowani do badania pacjenci wyrazili pisemną zgodę na udział w badaniu. Każdy zakwalifikowany pacjent został poinformowany szczegółowo o zasadach randomizacji i wynikającym z tego sposobie leczenia.

3.2. Metody

3.2.1. Dobór pacjentów do grup badawczych

W celu porównania skuteczności leczenia systemem Lightspeed (metoda I) i techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi (metoda II) zastosowano losowy dobór do grup badawczych. Osoby, które zgłosiły się w dni nieparzyste miesiąca były leczone metodą I, a w dni parzyste metodą II. Czynniki takie jak przyczyna zgłoszenia się chorego, morfologia i stopień zakrzywienia kanałów korzeniowych nie były brane pod uwagę przy doborze sposobu leczenia.

3.2.2. Znieczulenie do zabiegów

Znieczulenie do zabiegu proponowano każdemu pacjentowi zakwalifikowanemu do badania i odstępowano od jego wykonania na wyraźne żądanie pacjenta. Zgody na znieczulenie do zabiegu nie wyraziło 5 osób.

W każdym przypadku, bez względu na metodę leczenia stosowano jeden rodzaj znieczulenia miejscowego. Znieczulenie wykonywano przez podanie 4% roztworu artikainy (Ubistesin-Espe, Niemcy) w ilości od 0,5– 1,7 ml, tzn. 1/3 do 1 ampułki (w zależności od rodzaju leczonego zęba) z dodatkiem adrenaliny w stężeniu 1:100 000. Środek znieczulający podawano w znieczuleniu nasiękowym okołowierzchołkowym lub w znieczuleniu przewodowym wewnątrzustnym. W przypadku przeciwwskazań ogólnych do

zastosowania leku obkurczającego naczynia stosowano 3% roztwór mepiwakainy (Scandonest-Septodont, Francja) w podobnej ilości (7 przypadków).

3.2.3. Procedura leczenia

Zabiegi były wykonywane przez lekarzy klinicystów z co najmniej 5 letnim stażem pracy, którzy posiadali porównywalne doświadczenie zawodowe (stopień specjalizacji). System Lightspeed został wprowadzony do procedur klinicznych w Zakładzie Propedeutyki Stomatologii Zachowawczej 3 miesiące przed rozpoczęciem prezentowanego badania. Autor przedstawionej pracy wykonał samodzielnie 55 zabiegów (73%).

3.2.4. Przygotowanie do leczenia endodontycznego

Przed przystąpieniem do opracowywania kanałów korzeniowych metodą I lub II u wszystkich pacjentów wykonywano następujące czynności:

- **ocena zdjęcia radiologicznego zęba** (ocena stopnia zakrzywienia kanałów korzeniowych) [52]
- **otwarcie komory zęba** (ang. *access opening*) (uzyskanie bezpośredniego dostępu instrumentu endodontycznego do kanału korzeniowego)
- **wyznaczenie długości kanału korzeniowego** za pomocą narzędzia K-file, zdjęcia rentgenowskiego i endometru APIT (*Osada Apical Indicator, Japonia*). Zdjęcie rentgenowskie wykonywano w projekcji kąta prostego i na jego podstawie wyznaczano długość radiologiczną za pomocą linijki milimetrowej (pomiar radiologiczny). Następnie wykonywano pomiar w leczonym zębie za pomocą endometru i narzędzia K-file. Długość kanału korzeniowego wyznaczano od punktu referencyjnego na koronie zęba do wierzchołka anatomicznego wskazanego przez endometr (pomiar endometryczny)
- **wyznaczenie długości roboczej** na podstawie pomiaru endometrycznego, przyjmując, że długość robocza kanału korzeniowego jest o 1 mm krótsza niż długość jaką uzyskano mierząc kanał korzeniowy od ustalonego punktu na koronie zęba (punktu referencyjnego) do wierzchołka anatomicznego wyznaczonego na podstawie wskazań endometru [50].

Następnie kanały korzeniowe opracowywano jedną z dwóch ocenianych metod (metoda I lub II) i od tego momentu mierzono czas potrzebny na całkowite opracowanie kanału korzeniowego.

3.2.4.1. Metoda *step-back* za pomocą systemu rotacyjnego Lightspeed (metoda I)

W metodzie I do opracowania kanałów korzeniowych zastosowano schemat *step-back* przy użyciu narzędzi rotacyjnych Lightspeed (Lightspeed Inc., San Antonio, TX, USA). Rozmiar tych narzędzi jest standaryzowany według norm ISO. W zestawie Lightspeed znajdują się 22 instrumenty od rozmiaru 20 do 100. Częścią pracującą tych instrumentów jest tnąca główka. Dla narzędzi o rozmiarach od 20 do 57.5 średnica główki zwiększa się o 0.025 mm przy wzroście rozmiaru o jeden numer, natomiast dla narzędzi o rozmiarach od 60 do 100 średnica główki zwiększa się 0.050 mm przy wzroście rozmiaru o jeden numer.

U pacjentów leczonych metodą I, w pierwszej kolejności zastosowano poszerzacz K stalowy w celu udrożnienia kanału korzeniowego. Następnie wprowadzano pierwszy instrument Lightspeed o rozmiarze odpowiadającym szerokości kanału korzeniowego stawiający przy wprowadzaniu nieznaczny opór. Każdy instrument rotacyjny mocowano w końcówce mikrosilnika przenośnego należącej do systemu Lightspeed. W kanale korzeniowym pracowano ze stałą, najniższą zalecaną przez producenta prędkością 750 obrotów na minutę. Uruchomienie mikrosilnika poprzedzało wprowadzenie instrumentu do kanału korzeniowego. Następnie wprowadzano kolejne instrumenty o coraz większych rozmiarach, tak aby uzyskać długość roboczą. W celu jej utrzymania po każdych dwóch instrumentach wprowadzany był instrument Lightspeed użyty jako pierwszy. Kanały korzeniowe przepłukiwano 2,5 % roztworem podchlorynu sodowego, w celu usunięcia opiłków zębiny, resztek miazgi oraz w celu dezynfekcji kanału korzeniowego. Preparat poślizgowy Ez-File (Ultradent, Niemcy) stosowany był naprzemiennie z roztworem podchlorynu sodowego. Stożkowe opracowanie odcinka wierzchołkowego kanału korzeniowego (ang. *step-back*) uzyskano przez skrócenie o 0,5 mm długości, na którą wprowadzano kolejne instrumenty o większych rozmiarach niż rozmiar ostatniego instrumentu pracującego na długości roboczej (ang. *Master Apical Rotary*). Ten sposób pracy powoduje, że odcinek wierzchołkowy kanału korzeniowego przypomina swym kształtem stożek odpowiadający naturalnemu kształtowi tej okolicy. Cześć koronowa

kanału korzeniowego została poszerzona przy użyciu wierteł nr 4,3,2 typu Gates-Gliden według schematu crown-down. Końcowym etapem było wygładzenie ścian kanału korzeniowego przy użyciu instrumentu Master Apical Rotary.

3.2.4.2. Metoda *step-back* za pomocą narzędzi palcowych stalowych (metoda II)

W metodzie II kanały korzeniowe opracowywano techniką *step-back* przy użyciu narzędzi palcowych stalowych (Beuterlock, Niemcy). Rozmiary tych narzędzi są standaryzowane według norm ISO. Każdy kolejny instrument oznacza zwiększenie średnicy przy wierzchołku o 0,02 mm dla rozmiarów 6-10 i o 0,05 mm dla rozmiarów 15-80. Jako pierwszy użyto instrument, o tak dobranym rozmiarze, aby w świetle kanału korzeniowego stawiał nieznaczny opór. W celu ułatwienia opracowywania kanału korzeniowego używano pary dwóch pilników tego samego rozmiaru. Najpierw wprowadzano poszerzacz K przystosowany do udrażniania, a następnie pilnik H odpowiedzialny za poszerzenie światła kanału korzeniowego. W celu utrzymania długości roboczej po każdej parze instrumentów wprowadzano poszerzacz K, który był użyty jako pierwszy. Kanały korzeniowe przepłukiwano 2,5 % roztworem NaOCl. Preparat poślizgowy Ez-File (Ultradent, Niemcy) stosowany był naprzemiennie z roztworem podchlorynu sodowego. Stożkowe opracowanie części wierzchołkowej (ang. *step-back*) zostało uzyskane przez skrócenie o 0,5 mm długości, na którą zostały wprowadzone kolejne instrumenty o rozmiarach większych niż rozmiar ostatniego instrumentu użytego na długości roboczej (ang. *Master Apical File*). Takie opracowanie odcinka wierzchołkowego powoduje powstanie stożka odpowiadającego naturalnemu kształtowi tej okolicy. Cześć koronowa została poszerzona przy użyciu wierteł nr 4,3,2 typu Gates-Gliden w schemacie crown-down. Końcowym etapem było wygładzenie ścian kanału korzeniowego przy użyciu instrumentu Master Apical File.

3.2.4.3. Wypełnienie kanałów korzeniowych

Kanały korzeniowe, bez względu na metodę ich opracowania, wypełniano metodą kondensacji bocznej gutaperką (Beuterlock, Niemcy) z zastosowaniem uszczelniacza AH Plus (De Trey, Dentsplay, Niemcy).

Następnie wykonano kontrolne zdjęcie rentgenowskie w celu oceny jakości wypełnienia kanałów korzeniowych.

3.2.5. Metody oceny kanału korzeniowego przed wykonaniem zabiegów

3.2.5.1. Subiektywna ocena dolegliwości bólowych odczuwanych przez pacjenta ze strony leczonego zęba przed wykonaniem zabiegu

Przed podjęciem leczenia lekarz pytał pacjenta czy odczuwał dolegliwości bólowe ze strony zęba w czasie poprzedzającym leczenie endodontyczne. Pacjent miał możliwość odpowiedzi tak lub nie. Odpowiedź pacjenta odnotowywano w kwestionariuszu.

3.2.5.2. Ocena stanu okolicy okołowierzchołkowej za pomocą skali PAI

Skala PAI (ang. *periapical index*) jest to wyznacznik oceny stanu przyzębia okołowierzchołkowego. Skalę stanów chorobowych tej okolicy stanowi pięć wzorcowych zdjęć rentgenowskich. Każde zdjęcie wzorcowe ma przypisany kolejny punkt skali [51]:

Punkt 1: poszerzenie szpary ozębnej bez zmian świadczących o toczącym się procesie zapalnym w tkankach okołowierzchołkowych

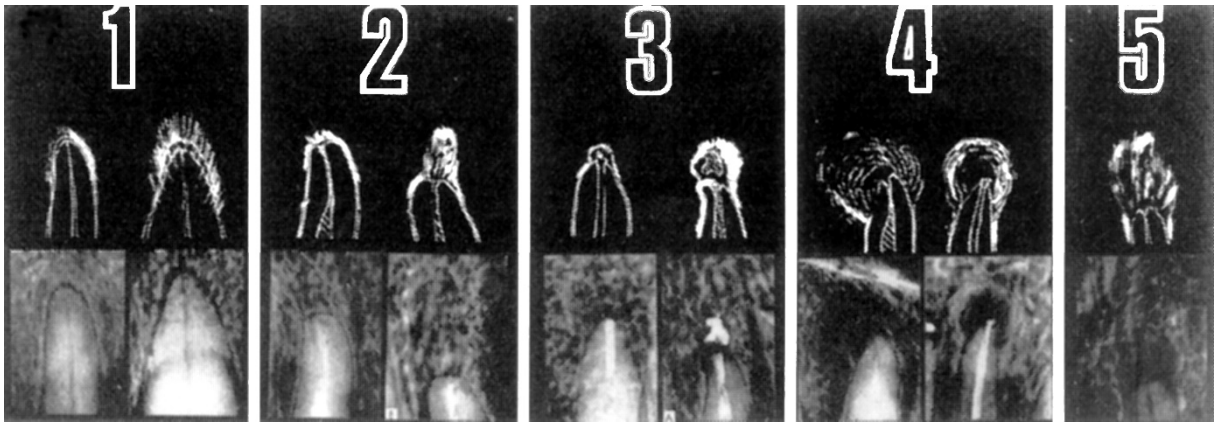
Punkt 2: niewielkie przejaśnienie w obrębie warstwy korowej kości ze zniszczeniem okolicy okołowierzchołkowej

Punkt 3: ubytek części mineralnej kości

Punkt 4: obraz klasycznego przewlekłego zapalenia tkanek okołowierzchołkowych

Punkt 5: obraz klasycznego przewlekłego zapalenia tkanek okołowierzchołkowych wraz z cechami świadczącymi o rozprzestrzenianiu się procesu zapalnego tzn. z obecnością pasm przeziernych dla promieni rentgena i zniszczeniem otoczki łącznotkankowej.

W analizie statystycznej ze względu na małą liczebność grup oraz podobieństwo obrazu radiologicznego stanu okolicy okołowierzchołkowej opisywanej za pomocą punktu 1 i 2 skali PAI oraz punktu 3, 4 i 5 zastosowano podział na dwie grupy: grupa I: punkt 1 lub 2 w skali PAI, grupa II: punkt 3, 4 lub 5 w skali PAI.



Ryc. 7. Wzorcowe zdjęcia radiologiczne wraz z przypisanymi im punktami w skali PAI [51].

Lekarze uczestniczący w badaniu kwalifikowali zdjęcie rentgenowskie okolicy okołowierzchołkowej badanego zęba do jednej z pięciu grup przy użyciu skali PAI. Ocena zdjęć rentgenowskich była dokonywana przez dwóch lekarzy nie przeprowadzających zabiegu. Nie byli oni informowani o objawach oraz ostatecznym rozpoznaniu. Każdy z nich, niezależnie zaliczał okolicę okołowierzchołkową danego kanału korzeniowego według podanej instrukcji:

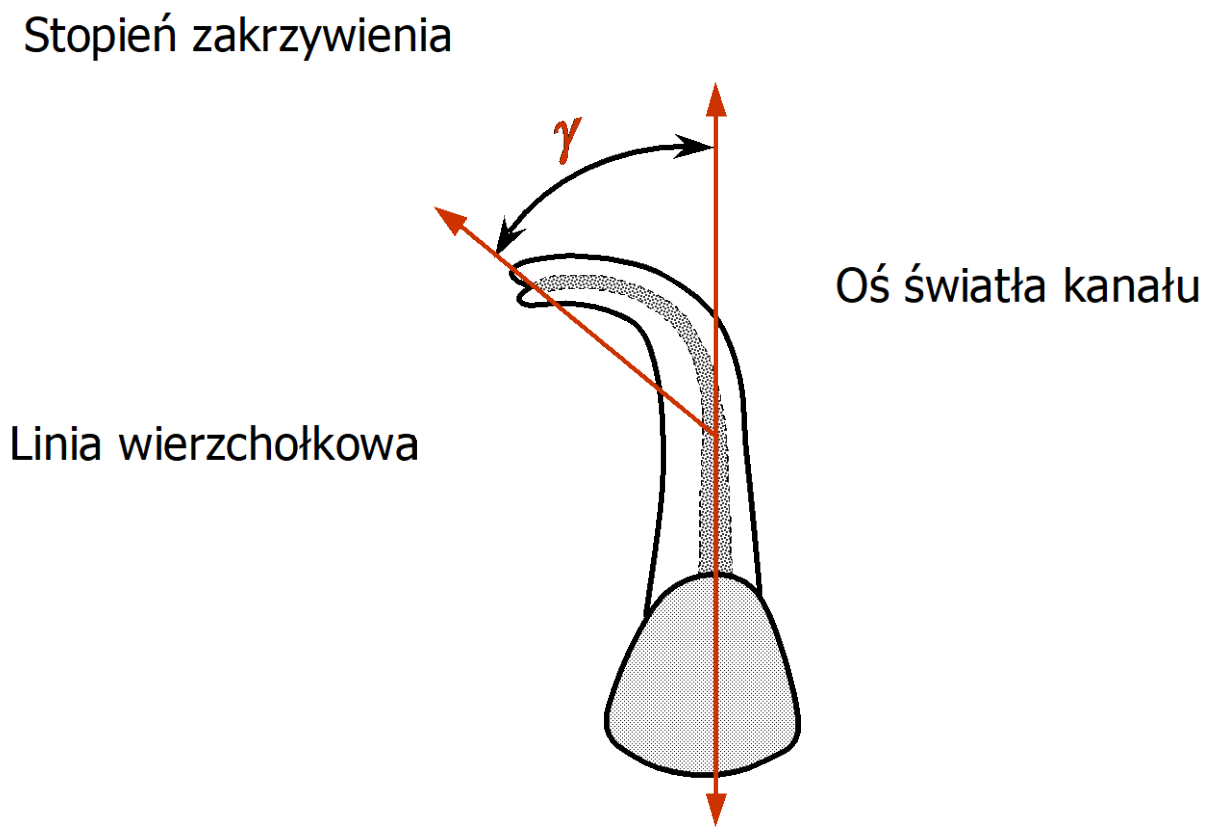
1. Zdjęciu rentgenowskiemu badanego kanału korzeniowego należy przypisać taki punkt w skali PAI, aby okolica okołowierzchołkowa jak najbardziej przypominała okolice zdjęcia wzorcowego
2. W przypadku wątpliwości należy przypisać danemu zdjęciu wyższy punkt skali
3. Każdy kanał korzeniowy należy zaliczyć tylko do jednej grupy.

3.2.5.3. Ocena stopnia zakrzywienia kanału wg skali Schneidera

Do oceny stopnia zakrzywienia kanału korzeniowego używano zdjęć rentgenowskich i na ich podstawie ustalano stopień zakrzywienia kanału korzeniowego wg skali Schneider'a [52]:

1. Kanały korzeniowe proste - zakrzywienie do 5°
2. Kanały korzeniowe średnio zakrzywione - zakrzywienie od 10° do 20°
3. Kanały korzeniowe zakrzywione - zakrzywienie od 25° do 70°
4. Kanały nietypowe, tzn. kanały których nie można zaliczyć do jednej z trzech wyżej wymienionych grup o kształtach C lub S.

Ze względu na to, że na zdjęciach rentgenowskich widoczne jest zakrzywienie kanałów korzeniowych jedynie w płaszczyźnie dystalno-mesjalnej, a nie jest widoczne w płaszczyźnie policzkowo-językowej, w trzech przypadkach dokonywano klinicznej weryfikacji zakrzywienia za pomocą poszerzacza K nr 15. Oceniano stopień i kierunek odkształcenia instrumentu endodontycznego po wprowadzeniu go do światła kanału korzeniowego. Na tej podstawie oceniano stopień i kierunek zakrzywienia kanału korzeniowego, a następnie zaliczano go do jednej z czterech grup.



Ryc. 8. Ocena stopnia zakrzywienia kanału korzeniowego na podstawie skali Schneider'a [52].

3.2.6. Metody wczesnej oceny leczenia endodontycznego

3.2.6.1. Metody obiektywne

3.2.6.1.1. Czas opracowywania kanału korzeniowego w sekundach

Czas pracy między rozpoczęciem pracy instrumentami w kanale korzeniowym i zakończeniem opracowania ścian kanału korzeniowego mierzono w sekundach i odnotowywano w kwestionariuszu.

3.2.6.1.2. Liczba wizyt koniecznych do wykonania zabiegu

W kwestionariuszu odnotowywano liczbę wizyt niezbędną do zakończenia leczenia i wypełnienia kanału korzeniowego. Każdy kanał korzeniowy został opracowany w trakcie jednej wizyty. Wypełnienie kanału korzeniowego w niektórych przypadkach odbyło się w trakcie kolejnych wizyt. Czynnikami odraczającymi zakończenie leczenia podczas jednej wizyty był wysięk w kanale korzeniowym lub zmęczenie zabiegiem pacjenta lub lekarza.

3.2.6.1.3. Powikłania lub przeszkody anatomiczne w trakcie zabiegu

Do powikłań lub przeszkód anatomicznych występujących w trakcie wykonywania zabiegu zaliczono: utratę długości roboczej, zablokowanie światła kanału korzeniowego, wytworzenie stopnia, złamanie instrumentu w kanale, obliteracją kanału korzeniowego, perforację ściany kanału korzeniowego, wprowadzenie instrumentu poza wierzchołek.

W przypadku nie wystąpienia powikłań odnotowywano brak powikłań w trakcie wykonywania zabiegu.

3.2.6.1.4. Ocena stopnia wypełnienia kanału korzeniowego

Stopień wypełnienia kanału korzeniowego określano na podstawie zdjęcia rentgenowskiego wykonywanego zaraz po wypełnieniu kanału korzeniowego. Jako prawidłowe uznano wypełnienia kanału korzeniowego do 2 mm od wierzchołka radiologicznego (grupa I). Za akceptowalne, ale gorzej rokujące, uznano wypełnienia kanału korzeniowego od 2 do 3 mm od wierzchołka radiologicznego (grupa II) oraz wypełnienia kanału korzeniowego poza wierzchołek radiologiczny (grupa III). Za nieakceptowalne uznano niejednorodne wypełnienie kanału korzeniowego, ze złym przyleganiem materiału wypełniającego do ścian kanału korzeniowego. W tych przypadkach zalecano powtórne wypełnienie kanału korzeniowego [10].

3.2.6.2. Metody subiektywne

3.2.6.2.1. Ocena lekarza przeprowadzającego zabieg

Po zakończeniu leczenia endodontycznego lekarz oceniał w kwestionariuszu jakość pracy metodą, którą zastosował w danym przypadku za pomocą skali opisowej: jakość pracy: niedostateczna/średnia/dobra/ bardzo dobra. Na jakość pracy składała się suma niżej wymienionych czynników: płynność pracy, brak występowania powikłań

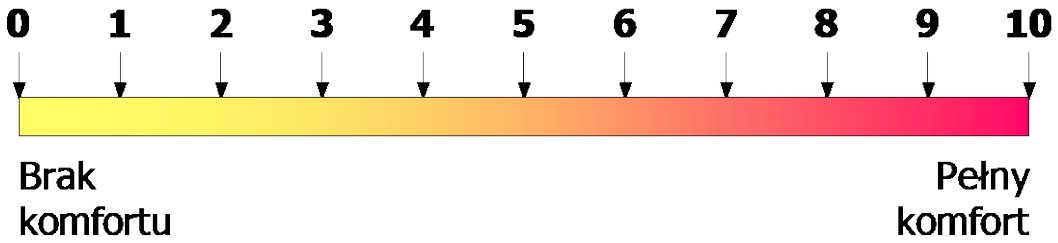
wymienionych powyżej, występowanie lub brak odczucia zmęczenia lekarza w trakcie wykonywania zabiegu.

3.2.6.2.2. Ocena pacjenta poddanego leczeniu endodontycznemu

Pacjent zaznaczał w kwestionariuszu stopień nasilenia odczuwanych dolegliwości bólowych w trakcie wykonywania zabiegu. Zastosowano następującą skalę: ból nie do wytrzymania | ból bardzo silny | ból silny | ból słaby | brak dolegliwości bólowych. Stopień odczuwanych dolegliwości bólowych był określany niezależnie od zastosowania znieczulenia do zabiegu.

Pacjent zaznaczał w kwestionariuszu czas trwania zabiegu. Zastosowano następującą subiektywną skalę oceny: czas trwania krótki | w sam raz | długi | za długi.

Pacjent zaznaczał na skali numerycznej (ang. *Numerical Rating Scale - NRS*) odczucie komfortu w trakcie zabiegu. Skalę tę stanowi linia podzielona na dziesięć ponumerowanych przedziałów od 0 do 10, przy czym 10 to maksymalny komfort, a 0 brak komfortu zabiegu.



Ryc. 9. Skala Numeryczna (ang. Numerical Rating Scale-NRS).

3.2.7. Późna ocena leczenia endodontycznego

3.2.7.1. Metoda obiektywna

Ocena stanu okolicy okołowierzchołkowej za pomocą skali PAI. Szczegółowe omówienie skali przedstawiono na str. 24 i następnej.

3.3. Metody statystyczne

Zmienne o rozkładzie normalnym charakteryzowano za pomocą wartości średnich i odchylenia standardowego, a pozostałe zmienne opisywano przy pomocy wartości mediany i rozstępu międzykwartylowego.

Różnice w częstości oczekiwanej i obserwowanej dla zmiennych o charakterze nominalnym badano przy pomocy testu $\chi 2$, a w przypadku małej liczebności grup stosowano test $\chi 2$ z poprawką Yatesa lub dokładny test Fishera. Istotność różnic między wartościami średnich dla zmiennych ilościowych analizowano testem t-Studenta dla zmiennych o rozkładzie normalnym i jednorodnych wariancjach. Jednorodność wariancji oceniano testem Levene'a. W przypadku zmiennych niespełniających tych założeń stosowano nieparametryczny test U Manna-Whitneya.

Obliczenia przeprowadzono przy pomocy pakietu statystycznego „Statistica for Windows" v.5.1 (Statsoft Inc., Tulsa, OK., USA, 1997). Za istotny statystycznie przyjęto poziom istotności $p<0,05$.

4. Wyniki

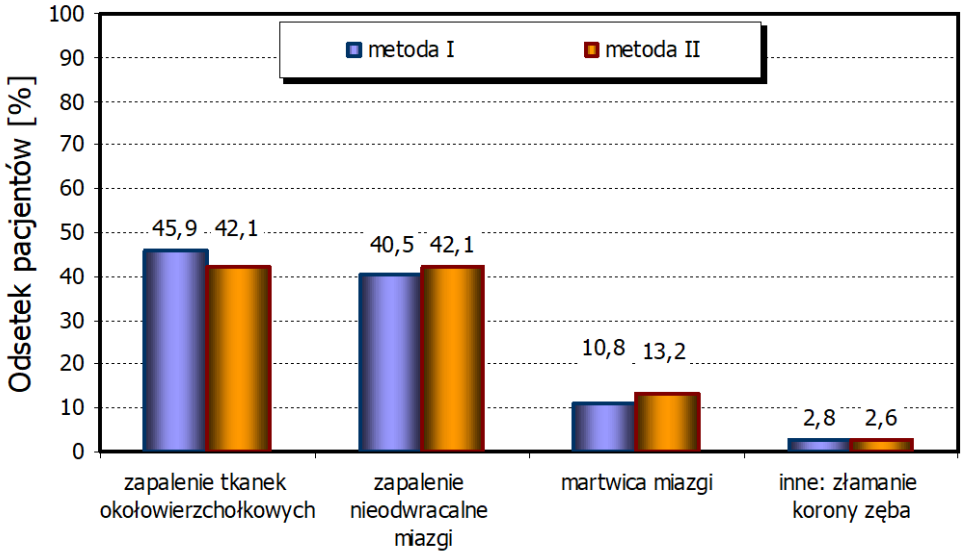
4.1. Grupy badawcze - charakterystyka ogólna

W badaniu uczestniczyło 75 kolejnych pacjentów, 55 kobiet i 20 mężczyzn, leczonych w Zakładzie Propedeutyki Stomatologii Zachowawczej CMUJ w Krakowie. Średnia wieku kobiet wynosiła 35,6±10,5 lat, w przedziale od 22 do 67 lat. Średnia wieku mężczyzn wynosiła 34,6±13,9 lat, w przedziale od 16 do 70 lat.

Do leczenia systemem rotacyjnym typu Lightspeed (grupa I) włączono 37 pacjentów, a do leczenia techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi nierdzewnymi (grupa II) włączono 38 pacjentów.

Wskazania do podjęcia leczenia endodontycznego były następujące: 1) zapalenie tkanek okołowierzchołkowych (n=33, 44,0%); 2) zapalenie nieodwracalne miazgi (n=31, 41,3%); 3) martwica miazgi (n=9, 12%); 4) inne: złamanie korony zęba (n=2, 2,7%). Rozkład procentowy wskazań do leczenia endodontycznego nie różnił się między grupą leczoną metodą I i metodą II; w obu grupach zapalenie tkanek okołowierzchołkowych i zapalenie nieodwracalne miazgi dominowały. Szczegółowa analiza jest przedstawiona na ryc. 10.

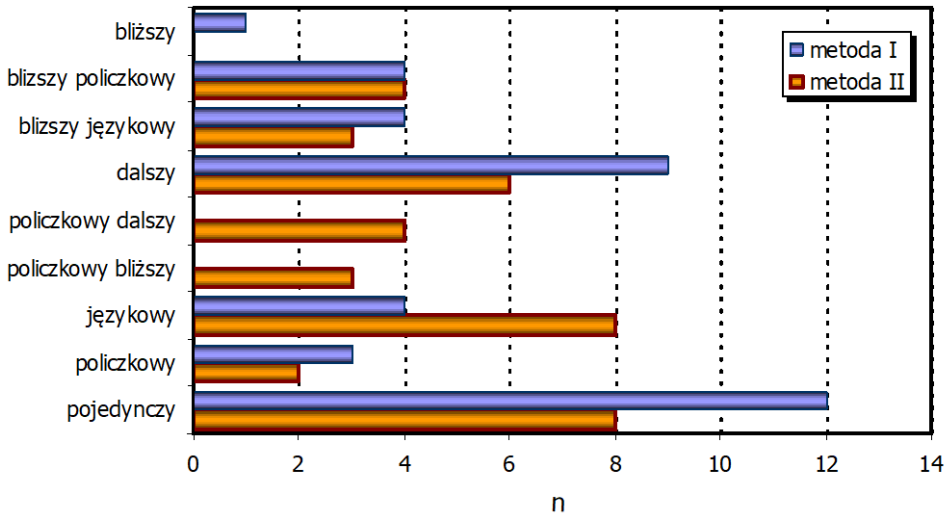
Ryc. 10. Wskazania do leczenia endodontycznego u pacjentów leczonych metodą I i metodą II.



Rodzaj i liczbę kanałów korzeniowych, które zostały poddane leczeniu metodą I i II przedstawiono na ryc. 11.

Najczęściej były to kanały pojedyncze zębów siecznych i kłów oraz kanały językowe zębów trzonowych górnych i dalsze zębów trzonowych dolnych. Ocenie leczenia metodą I w porównaniu z metodą II częściej podlegały kanały korzeniowe zębów siecznych i kłów oraz kanały dalsze zębów trzonowych dolnych. Ocenę leczenia metodą II częściej w porównaniu z metodą I przeprowadzano w kanałach językowych oraz policzkowych bliższych i dalszych zębów trzonowych górnych.

Ryc. 11. Liczba i rodzaj kanałów korzeniowych leczonych metodą I i metodą II.



Częstość dolegliwości bólowych odczuwanych przez pacjentów przed zabiegiem była podobna w obu grupach. Obecność bólu przed zabiegiem odczuwało 12% pacjentów leczonych metodą I i 16 % pacjentów leczonych metodą II (p= n.s.).

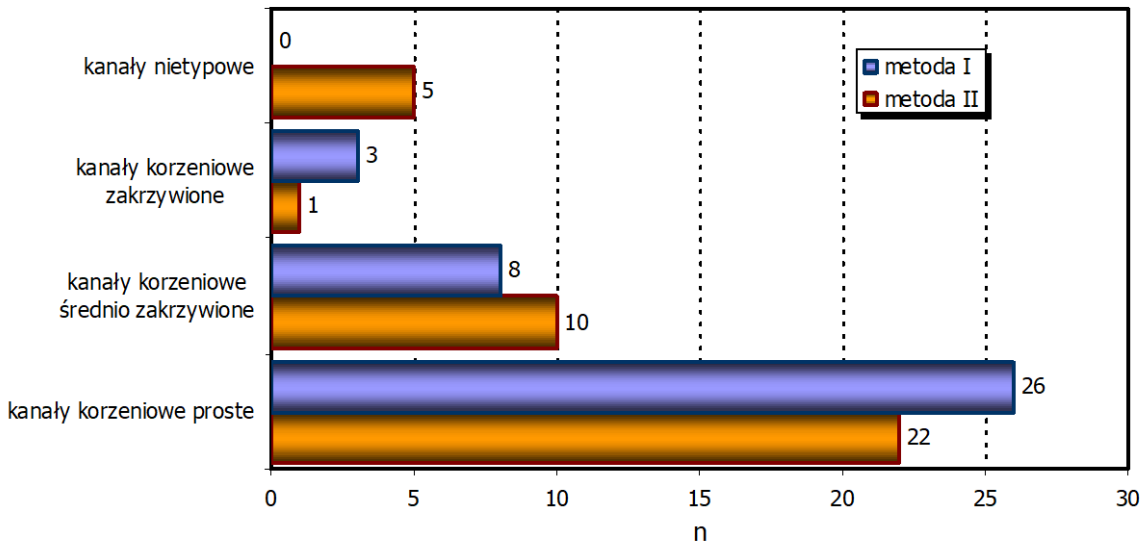
4.2. Metody oceny kanału korzeniowego przed wykonaniem leczenia endodontycznego

Przed wykonaniem zabiegów endodontycznych u każdego pacjenta oceniano stan tkanek okołowierzchołkowych za pomocą skali PAI oraz stopień zakrzywienia kanałów korzeniowych za pomocą skali Schneider'a.

Odsetek kanałów korzeniowych leczonych metodą I, zaliczonych do grupy I skali PAI, tzn. skala PAI, 1 lub 2 punkty, wynosił 31,9%, a leczonych metodą II wynosił 36,1%. Różnica ta nie była istotna statystycznie.

Liczba kanałów korzeniowych w poszczególnych grupach skali Schneider'a była podobna w grupie leczonej metodą I i II za wyjątkiem kanałów korzeniowych nietypowych. Były one stwierdzane znacznie częściej u pacjentów leczonych metodą II (n=5), niż metodą I (n=0) (Ryc. 12).

Ryc. 12. Liczba kanałów korzeniowych zaliczanych do poszczególnych grup skali Schneider'a leczonych metodą I i metodą II.



4.3. Obiektywne metody wczesnej oceny leczenia endodontycznego

4.3.1. Czas trwania zabiegu

Czas opracowywania kanału korzeniowego mierzony w sekundach był znacznie krótszy u pacjentów leczonych metodą I w porównaniu z metodą II, wynosił odpowiednio 422±118 s vs. 532±118 s, p=0.0001.

4.3.2. Liczba wizyt

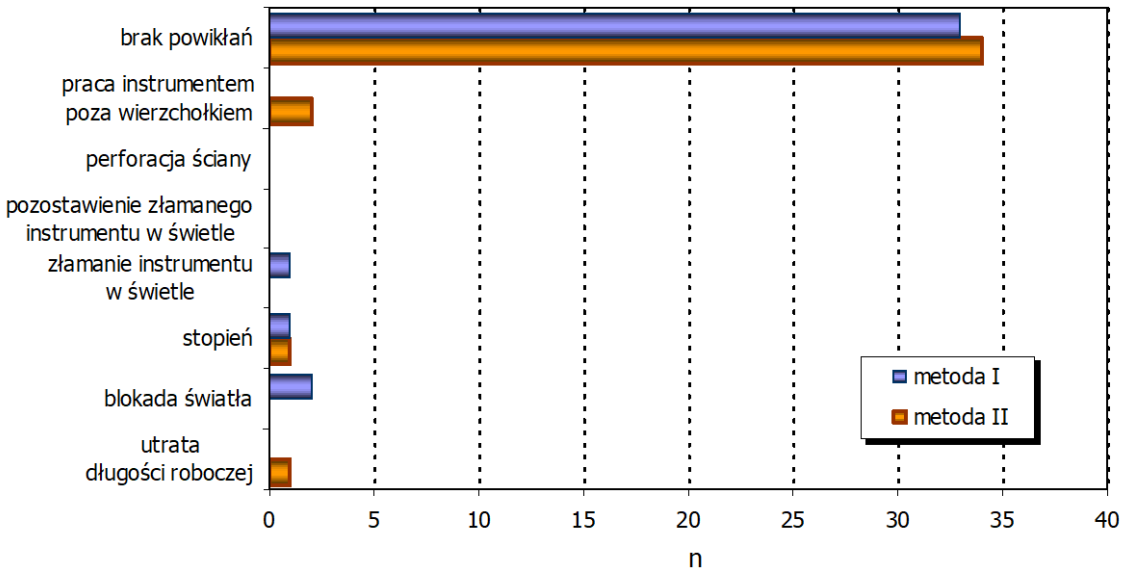
Zakończenie leczenia w czasie jednej wizyty u pacjentów leczonych metodą I było możliwe w 27 przypadkach (73,0%), a metodą II w 30 przypadkach (79,0%) i różnica ta nie była istotna statystycznie. Dwie wizyty były niezbędne do zakończenia leczenia u

pozostałych 6 pacjentów (16,2%) leczonych metodą I, i u 8 pacjentów (21,1 %) leczonych metodą II. Tylko w przypadku metody I 4 pacjentów wymagało trzeciej i ostatniej wizyty z powodu wysięku z kanału korzeniowego i utrzymujących się dolegliwości po zabiegu.

4.3.3. Powikłania w trakcie zabiegu

Na rycinie 13 przedstawiono częstość powikłań stwierdzanych w trakcie leczenia metodą I i metodą II. Stwierdzono, że charakter powikłań i ich częstość była w obu grupach niewielka i porównywalna.

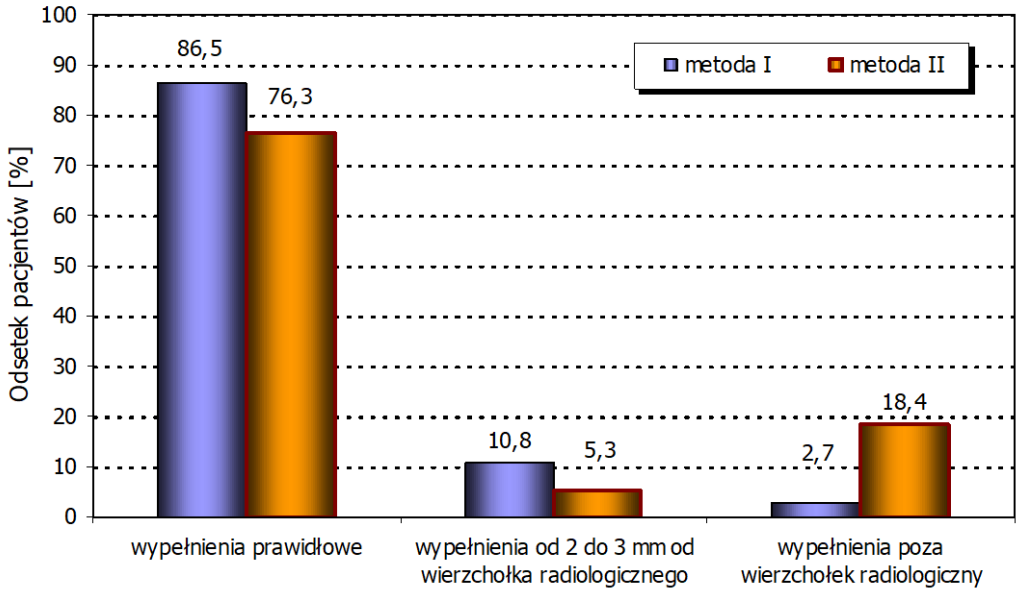
Ryc. 13. Liczba i rodzaj powikłań w trakcie leczenia metodą I i metodą II.



4.3.4. Wypełnienie kanału korzeniowego

Prawidłowe wypełnienie kanału korzeniowego (grupa I) stwierdzono w 32 przypadkach (86,5%) leczonych metodą I i w 29 przypadkach (76,3%) leczonych metodą II (p=n.s.). Wypełnienia od 2 do 3 mm od wierzchołka radiologicznego były stwierdzone dwukrotnie częściej u osób leczonych metodą I, metoda I: 4 osoby (10,8%) vs. metoda II: 2 osoby (5,3%) (p=n.s.). Wypełnienie poza wierzchołek radiologiczny stwierdzono prawie siedmiokrotnie częściej u osób leczonych metodą II i różnica ta była istotna statystycznie (metoda I: 1 osoba (2,7%) vs. metoda II: 7 osób (18,4%, p=0,02) (Ryc. 14).

Ryc. 14. Porównanie stopnia wypełnienia kanałów korzeniowych leczonych za pomocą metody I i II.



Analiza stopnia wypełnienia kanału korzeniowego w zależności od jego zakrzywienia w skali Schneider'a wykazała znacznie częściej prawidłowe wypełnienie kanałów korzeniowych leczonych metodą I w grupie kanałów prostych. Prawidłowe wypełnienie w tej grupie stwierdzono w 25 z 26 przypadków leczonych metodą I (96,2%) i w 16 przypadkach z 22 leczonych metodą II (72,7%), p=0,02. Takiej różnicy nie stwierdzono w grupie kanałów średnio zakrzywionych. Prawidłowe wypełnienie w tej grupie stwierdzono w 6 z 8 przypadków leczonych metodą I (75,0%) i w 8 z 10 przypadków leczonych metodą II (80,0%). Analizy statystycznej nie przeprowadzono w grupie kanałów bardzo zakrzywionych i nietypowych, ponieważ te pierwsze były stwierdzane w grupie leczonej metodą I, a te drugie tylko w grupie leczonej metodą II.

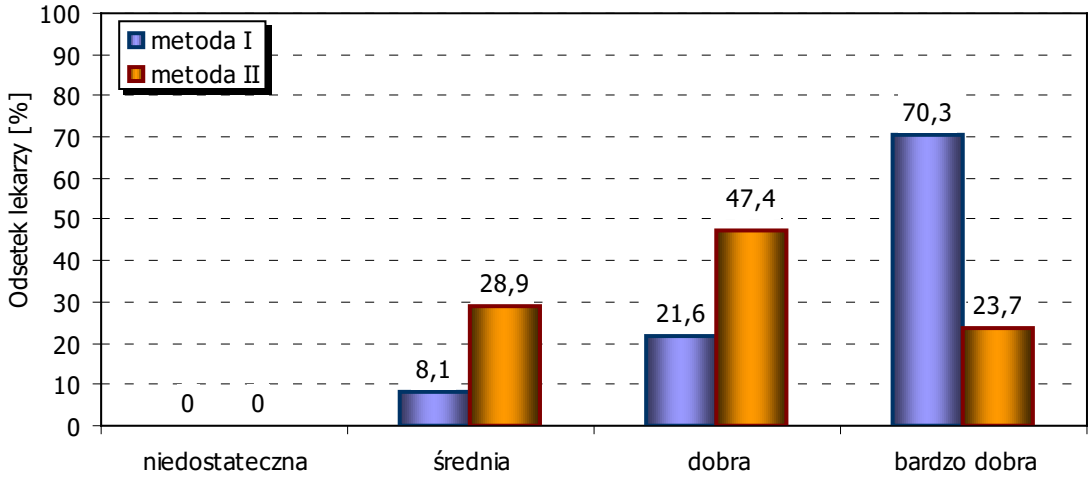
4.4. Subiektywne metody oceny skuteczności leczenia endodontycznego

4.4.1. Ocena lekarza

W ocenie lekarzy za pomocą subiektywnej opisowej skali oceny leczenia endodontycznego metoda I została oceniona jako znacznie bardziej komfortowa. Maksymalną, bardzo dobrą ocenę przyznano w 26 przypadkach (70,3%) leczonych metodą I i w zaledwie 9 przypadkach leczonych metodą II (23,7%), p=0,00008.

Na ryc. 15 przedstawiono szczegółowy rozkład poszczególnych ocen jakości pracy w kanałach korzeniowych leczonych metodą I i metodą II przyznawanych przez lekarzy wykonujących zabiegi.

Ryc. 15. Rozkład poszczególnych ocen jakości pracy w kanałach korzeniowych leczonych metodą I i metodą II przyznawanych przez lekarzy wykonujących zabiegi.



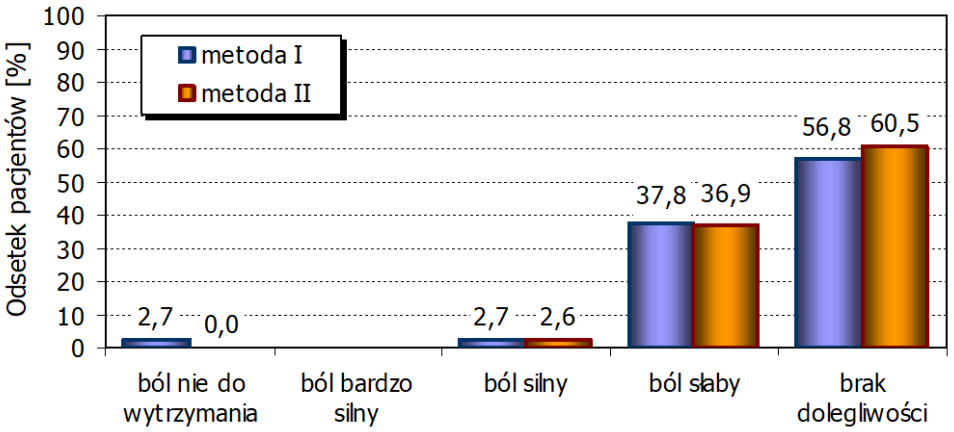
4.4.2. Ocena pacjenta

Analiza statystyczna porównująca dolegliwości bólowe odczuwane przez pacjentów leczonych metodą I i metodą II wykazała, że odczuwanie bólu przez pacjentów leczonych metodą I jest nieco mniejsze, ale różnica nie jest istotna statystycznie (ryc. 16).

Zarówno u pacjentów leczonych metodą I jak i II ból przed zabiegiem oceniany jako nieobecny (0 punktów) lub obecny (1 punkt) nie korelował z dolegliwościami bólowymi w trakcie zabiegu (p=n.s.).

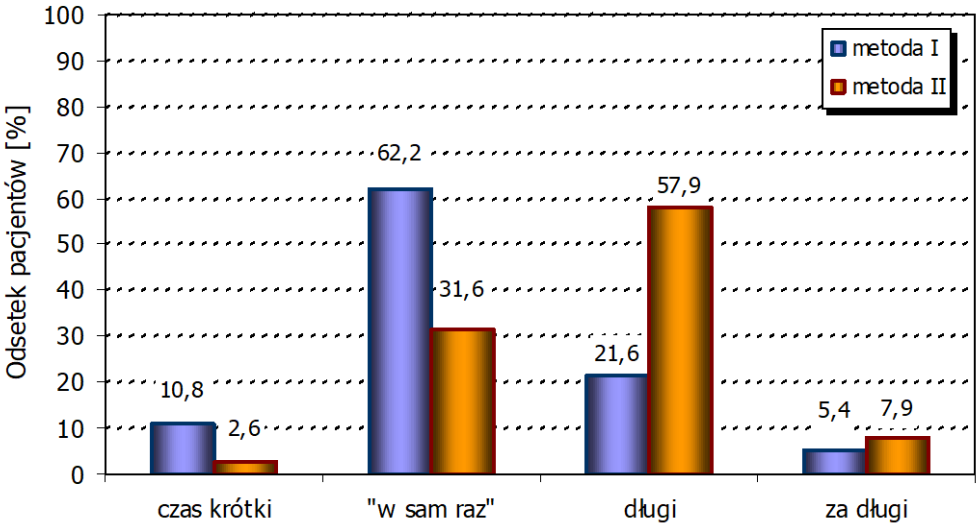
Czas trwania zabiegu w subiektywnej ocenie pacjentów był znacznie lepiej oceniony w przypadku metody I. Ocena „w sam raz" została przyznana dwukrotnie częściej przez pacjentów leczonych metodą I w porównaniu z metodą II (odpowiednio 62,2% vs. 31,6%, $p<0,05$). Czas trwania zabiegu jako „długi" został oceniony prawie trzykrotnie częściej u osób leczonych metodą II w porównaniu z metodą I (odpowiednio 57,9% vs. 21,6%, $p<0,05$).

Ryc. 16. Porównanie dolegliwości bólowych odczuwanych w czasie zabiegów wykonywanych metodą I i II ocenianych za pomocą skali opisowej.



Na ryc. 17 przedstawiono rozkład odsetkowy subiektywnych ocen czasu trwania zabiegu przyznany przez pacjentów leczonych metodą I i II.

Ryc. 17. Rozkład odsetkowy subiektywnych ocen czasu trwania zabiegu przyznany przez pacjentów leczonych metodą I i II.



Osoby leczone metodą I w porównaniu z metodą II oceniając komfort zabiegu w Skali Numerycznej (NRS), znacznie lepiej oceniały metodę I. Wartość mediany liczby punktów przyznawanych przez pacjentów leczonych metodą I wynosiła 9, zakres przyznawanych punktów wynosił od 4 do 10, a zakres dolnego i górnego kwartyla wynosił odpowiednio 8 i 10. Wartość mediany liczby punktów przyznawanych przez pacjentów leczonych

metodą II wynosiła 6, zakres przyznawanych punktów wynosił od 4 do 10, a zakres dolnego i górnego kwartyla wynosił odpowiednio 5 i 8 ($p<0,05$).

4.5. Późna ocena leczenia endodontycznego

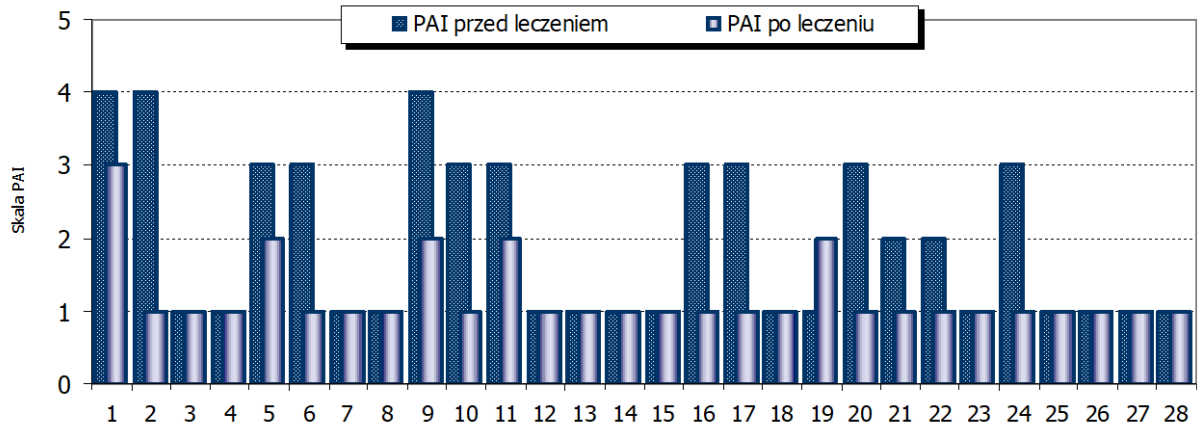
Późna ocena leczenia endodontycznego za pomocą skali PAI była wykonywana po 6 miesiącach po leczeniu. Do kontrolnego badania radiologicznego zgłosiło się 28 z 37 pacjentów (75,7%) leczonych metodą I i 34 z 38 pacjentów (89,5%) leczonych metodą II.

Po 6 miesiącach brak patologii okolicy okołowierzchołkowej (skala PAI: 1 punkt) był stwierdzony u 23 z 28 pacjentów leczonych metodą I (82,1%) i u 25 z 34 pacjentów leczonych metodą II (73,5%) (p=n.s.). Niewielkie przejaśnienia w okolicy okołowierzchołkowej (Skala PAI: 2 punkty) stwierdzono u 6 pacjentów leczonych metodą I (21,4%) i u 7 leczonych metodą II (20,6%) (p=n.s). Rozległe przejaśnienia (Skala PAI: $\geq$ 3 punkty) stwierdzono u 1 osoby leczonej metodą I (3,6%) i u 2 pacjentów (5,9%) leczonych metodą II (p=n.s).

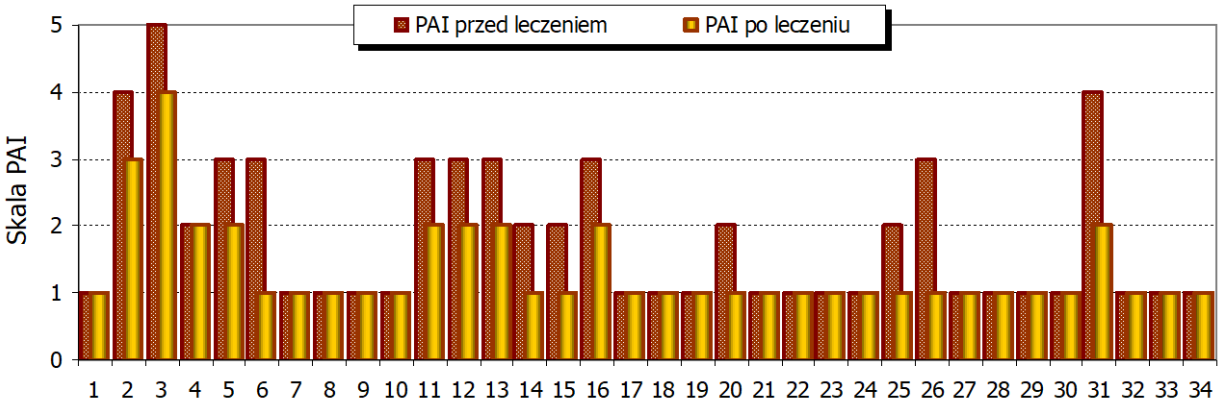
Porównanie wyników skali PAI przed i po leczeniu u poszczególnych pacjentów leczonych metodą I przedstawiono na rycinie 18, a dla pacjentów leczonych metodą II na rycinie 19.

U osób leczonych metodą I w 14 przypadkach stwierdzono brak patologii w okolicy okołowierzchołkowej zarówno przed jak i po leczeniu. U dalszych 9 pacjentów uzyskano prawidłowy efekt leczenia. (Skala PAI przed leczeniem >1 punkt i Skala PAI po leczeniu = 1 punkt). U jednej osoby zanotowano niewielkie pogorszenie (Skala PAI przed leczeniem 1 punkt, po leczeniu 2 punkty). W czterech przypadkach zanotowano poprawę, przy czym nie wykazano prawidłowego efektu leczenia w skali PAI (>1 punkt w Skali PAI po leczeniu).

Ryc. 18. Wyniki w Skali PAI przed i po leczeniu u poszczególnych pacjentów leczonych metodą I.

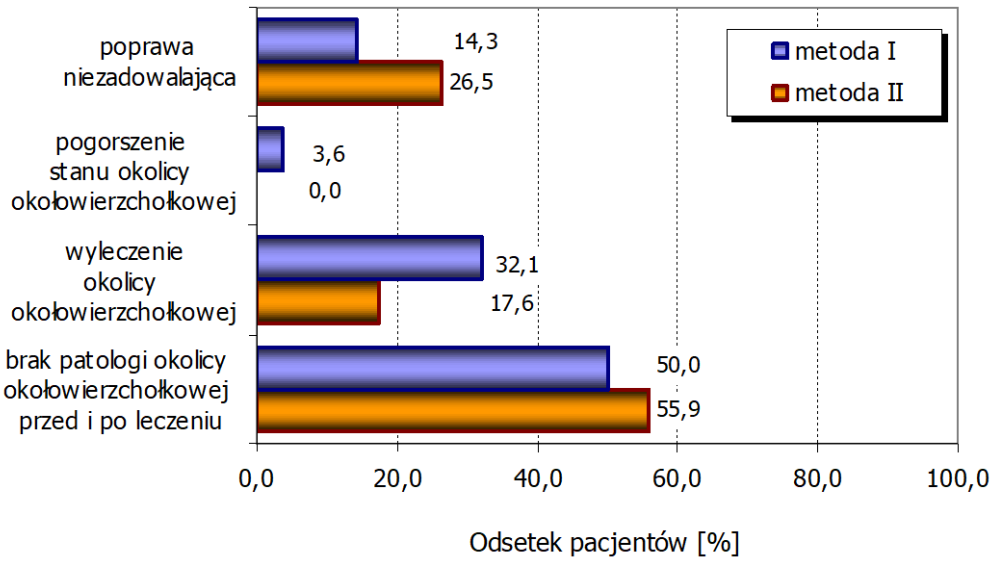


Ryc. 19. Wyniki w skali PAI przed i po leczeniu u poszczególnych pacjentów leczonych metodą II.



U osób leczonych metodą II brak patologii w okolicy okołowierzchołkowej zarówno przed jak i po leczeniu stwierdzono u 19 pacjentów. U 6 pacjentów uzyskano prawidłowy efekt leczenia (Skala PAI przed leczeniem >1punkt i Skala PAI po leczeniu = 1 punkt). W żadnym przypadku nie stwierdzono pogorszenia. Poprawę ale nie zadowalającą stwierdzono w 9 przypadkach (>1 punkt w Skali PAI po leczeniu). W przypadkach leczonych metodą I odsetek prawidłowego efektu leczenia (Skala PAI przed leczeniem >1 punkt i Skala PAI po leczeniu = 1 punkt) był dwukrotnie wyższy niż w przypadkach leczonych metodą II. Odsetek przypadków, w których uzyskano poprawę ale niezadowalającą, był dwukrotnie wyższy u osób leczonych metodą II.

Ryc. 20. Porównanie odległego efektu leczenia (po 6 miesiącach) u pacjentów leczonych metodą I i metodą II.



5. Dyskusja

5.1. Jakość opracowywania kanałów korzeniowych systemami rotacyjnymi w badaniach klinicznych

Przeprowadzone na własnym materiale badanie wskazuje, że zastosowanie systemu Lightspeed do opracowywania kanałów korzeniowych ma przewagę nad techniką *step-back* przy użyciu narzędzi palcowych stalowych zarówno w zakresie obiektywnych parametrów oceny leczenia endodontycznego (jakość wypełnienia kanałów korzeniowych o prostym przebiegu, czas trwania zabiegu, odległe rokowanie) jak i subiektywnej oceny lekarzy i pacjentów.

Obie techniki endodontyczne są porównywalne w zakresie jakości wypełnienia kanałów korzeniowych zakrzywionych oraz odsetka powikłań w trakcie leczenia endodontycznego.

Wprowadzenie systemów rotacyjnych, w których pracujące instrumenty nie wywierają nadmiernych nacisków na żadną ze ścian kanałów korzeniowych i opracowują je z pozostawieniem naturalnego przebiegu światła sugeruje łatwiejsze, obarczone mniejszą liczbą powikłań leczenie endodontyczne. Dotychczasowa wiedza na temat jakości opracowania kanałów korzeniowych systemem Lightspeed i techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi pochodzi z badań eksperymentalnych. Badania te wskazują, że systemy rotacyjne (w tym system Lightspeed) w porównaniu z technikami stosującymi narzędzia palcowe stalowe charakteryzuje: krótszy czas pracy, mniejsza tendencja narzędzi do przemieszczenia wierzchołkowego, skuteczniejsze usuwanie zainfekowanej zębiny i warstwy mazistej, większa zdolność do zachowania naturalnego przebiegu światła kanału korzeniowego. Konsekwencją tego jest precyzyjniejsze opracowanie światła kanału korzeniowego, utrzymanie długości roboczej, mniejsza liczba powikłań wynikających ze złamań narzędzi w kanale oraz mniejsza skłonność do tworzenia stopni lub blokad w świetle. Tak szczegółowe porównanie różnych systemów rotacyjnych i technik palcowych jest tylko możliwe w warunkach doświadczalnych, tzn. na usuniętych zębach ludzkich lub plastikowych bloczkach posiadających sztuczny kanał korzeniowy. Tylko w takich warunkach możliwe jest wykonanie przekrojów poprzecznych lub podłużnych w podobnych odległościach od wierzchołka korzenia zęba, wykonywanie

zdjęć fotograficznych przeciętych powierzchni przed i po opracowaniu, sklejanie uprzednio pociętych fragmentów korzeni zębów lub ocena powierzchni przekrojów w mikroskopie skaningowym i tomografii komputerowej.

W warunkach klinicznych do dyspozycji pozostaje: 1) ocena zdjęć rentgenowskich w celu kwalifikacji leczonego kanału korzeniowego do odpowiedniej grupy stopnia zakrzywienia korzenia zęba, oceny stanu przyzębia wierzchołkowego, oceny jakości oraz zakresu wypełnienia kanału korzeniowego, 2) ocena liczby i rodzaju powikłań w trakcie zabiegu, 3) określenie czasu potrzebnego na opracowanie kanału korzeniowego, 4) ocena subiektywnych odczuć lekarzy wykonujących zabieg i pacjentów poddanych leczeniu w zakresie jakości pracy i komfortu zabiegu.

Uzyskanie usystematyzowanych wyników w badaniach klinicznych wymaga zastosowania systemu randomizacyjnego, opracowania i ścisłego przestrzegania procedury leczenia, odnotowywania w kwestionariuszu powstałych podczas leczenia powikłań, zastosowania skal oceny zdjęć radiologicznych (np. skala Schneider'a i skala PAI), zastosowania subiektywnych i powtarzalnych skal oceny jakości pracy lekarzy, oraz subiektywnych i powtarzalnych skal oceny komfortu zabiegu dla pacjentów.

W prezentowanym badaniu do porównania sytemu rotacyjnego (tym przypadku system Lightspeed) z techniką palcową (w tym przypadku *step-back* narzędziami stalowymi) po raz pierwszy, co wynika z dostępnej literatury zastosowano wyżej wymieniony standard postępowania i oceny leczenia endodontycznego. Należy podkreślić, że badanie miało charakter prospektywny.

Jedyne dotychczas opublikowane badania kliniczne porównujące system Lightspeed z różnymi technikami palcowymi były przeprowadzone przez Barbakowa i Lutza [15]. Autorzy przeanalizowali retrospektywnie opinie kwestionariuszowe uzyskane od uczestników kursów szkolących w zakresie obsługi systemu Lightspeed. Z 305 wysłanych kwestionariuszy 177 (58%) wróciło do nadawcy. Wśród wszystkich uczestników kursów 80% wprowadziło system Lightspeed do codziennej praktyki stomatologicznej, 60% uznało go za łatwiejszy od techniki endodontycznej poprzednio stosowanej, a 43 % uznało go szybszy. Ponad połowa respondentów używała tego systemu we wszystkich typach zębów. Złamanie narzędzi typu Lightspeed wystąpiło przynajmniej raz u 76% lekarzy. Jako przyczyny złamań użytkownicy tych instrumentów wymieniali: nadmierną

siłę, z jaką wprowadzano instrument (25%); nieprawidłowy kąt, pod jakim wprowadzano instrument do kanału korzeniowego (17%); skomplikowaną morfologię kanałów korzeniowych opracowywanego zęba (15%). Wśród innych rzadszych przyczyn złamań wymieniano: zmienną lub nadmierną prędkość rotacji instrumentów, nie zastosowanie wystarczającej objętości środka przepłukującego, stosowanie instrumentu częściej niż zalecał producent, próby osiągnięcia właściwej długości roboczej za pomocą instrumentów Lightspeed, używanie instrumentów w niewłaściwej kolejności. Złamaniu ulegał najczęściej elastyczny trzonek (74%), który jest po złamaniu stosunkowo łatwy do usunięcia ze światła kanału korzeniowego. Z kolei usunięcie odłamanej główki ze światła kanału korzeniowego jest praktycznie niemożliwe, ale zdarzyło się to tylko w 6% przypadków. Stosowanie systemu Lightspeed miało nie tylko wpływ na wysoką ocenę jakości pracy w kanale korzeniowym, ale również na wypełnienie kanałów korzeniowych. Połowa lekarzy uznała, że po opracowaniu kanałów korzeniowych systemem Lightspeed, wypełnienie kanałów korzeniowych było łatwiejsze i szybsze niż przy użyciu metody uprzednio stosowanej. Metody nie poleca jedynie 10% respondentów, ale większość z 90% lekarzy polecających metodę uważała, że właściwe szkolenie jest konieczne do opanowania tej techniki.

W prezentowanym badaniu jako metodę referencyjną dla systemu Lightspeed, który pracuje według schematu *step-back* zalecanego przez producentów, wybrano technikę *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi. Do momentu pojawienia się na rynku instrumentów niklowo-tytanowych i systemów rotacyjnych była jedną z głównych technik endodontycznych. Na przykład, w USA w 83% szkół stomatologicznych jest ona metodą podstawową, jest nauczana w pierwszej kolejności i może stanowić punkt wyjścia do nauki bardziej skomplikowanych metod endodontycznych [53].

W badaniach eksperymentalnych nad skutecznością techniki *step-back* narzędziami palcowymi stwierdzono, że stosowanie ruchów piłujących góra-dół instrumentami stalowymi oraz nie stosowanie zakrzywiania instrumentów przed wprowadzeniem do kanału korzeniowego zmienia kształt naturalnego przebiegu kanału korzeniowego oraz przyczynia się do powstawania niepożądanego kształtu „klepsydry" w okolicy wierzchołkowej kanału korzeniowego lub powikłań poważniejszych, jak powstanie stopni lub perforacji wynikających z nadmiernego zeskrobania ścian kanału korzeniowego. Dlatego też w prezentowanym badaniu stosowano modyfikację metody *step-back*

polegającą na pracy w pierwszej kolejności poszerzaczem K, w celu udrożnienia kanału korzeniowego, a następnie pilnikiem H, w celu poszerzenia uzyskanego udrożnienia. Ten sposób pracy nie wymaga zakrzywiania instrumentów, co stwarzałoby ryzyko złamań instrumentów wewnątrz kanałów korzeniowych [54].

Metoda *step-back* instrumentami palcowymi stalowymi ma też pewne ograniczenia wynikające z własności stopu stalowego. Instrumenty te wykazują znaczną sztywność i nie potrafią dopasować się do naturalnego kształtu kanału korzeniowego. Podczas pracy w kanale korzeniowym mają tendencje do „prostowania" jego światła. Im większy rozmiar instrumentu opracowującego kanał korzeniowy tym ta cecha jest bardziej wyraźna [55].

5.2. Dobór grup badawczych

Ważnym aspektem metodologicznym prezentowanej pracy jest właściwy dobór pacjentów do badanych grup. Są one porównywalne we wskazaniach do podjęcia leczenia endodontycznego, w rodzaju opracowywanych kanałów korzeniowych, stopniu zakrzywienia kanałów korzeniowych i stanie przyzębia wierzchołkowego.

W prezentowanym badaniu stwierdzone nieistotne statystycznie różnice w liczbie poszczególnych rodzajów kanałów korzeniowych, poddanych leczeniu systemem Lightspeed i techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi są wynikiem systemu randomizacji zastosowanego w tym badaniu. Osoby, które zgłosiły się w dni parzyste miesiąca były leczone techniką *step-back*, a w dni nieparzyste systemem Lightspeed. Czynniki takie jak przyczyna zgłoszenia się chorego, morfologia i stopień zakrzywienia kanałów korzeniowych nie były brane pod uwagę przy doborze sposobu leczenia. Ponadto dobór kanału w obrębie zęba wielokorzeniowego zakwalifikowanego do leczenia pozostawiono decyzji lekarza. Leczenie systemem Lightspeed stosowano nieco częściej w kanałach korzeniowych zębów siecznych i kłów oraz kanałach dalszych zębów trzonowych dolnych, a techniką *step-back* narzędziami palcowymi w kanałach językowych i policzkowych zębów trzonowych górnych. Należy podkreślić, że grupy były także podobne pod względem rozkładu zakrzywienia kanałów korzeniowych. Co prawda kanały nietypowe w liczbie pięciu były stwierdzane tylko w grupie leczonej metodą step–back narzędziami palcowymi stalowymi i w ocenie wpływu stopnia zakrzywienia kanałów korzeniowych na jakość wypełnienia nie były brane pod uwagę.

5.3. Czas trwania zabiegu

W prezentowanym badaniu czas trwania zabiegu mierzony w sekundach był znacząco krótszy dla systemu Lightspeed. Podobnie wyniki uzyskano w badaniach doświadczalnych, które wykazały, że czas opracowywania kanałów korzeniowych systemem Lightspeed w porównaniu z narzędziami palcowymi stalowymi jest znacznie krótszy [37, 56].

W prezentowanym badaniu średni czas opracowywania kanału korzeniowego systemem Lighspeed wynosił 422±118 s i był o 1/3 dłuższy niż czas opracowywania kanału korzeniowego za pomocą systemu Lightspeed w badaniu eksperymentalnym Versümera i wsp. (270,9 s) [37]. Ta różnica wynika z następujących faktów: prezentowane badanie prowadzono w warunkach klinicznych, gdzie leczenie wykonywano na kolejnych pacjentach bez możliwości doboru opracowywanych zębów pod kątem lokalizacji w jamie ustnej i stopnia zakrzywienia ich kanałów korzeniowych. W omawianych badaniach laboratoryjnych do poszczególnych grup kwalifikowane były zęby o porównywalnym stopniu trudności leczenia. Zęby zazwyczaj były mocowane do plastikowych bloków lub fantomów, a pozycja, w której opracowywano kanały korzeniowe nie wymagała stosowania lusterka stomatologicznego.

5.4. Powikłania w leczeniu endodontycznym

Powikłania w leczeniu endodontycznym powstają najczęściej podczas opracowywania kanału korzeniowego. Należą do nich: utrata długości roboczej, blokada światła kanału korzeniowego przez opiłki zębiny, utworzenie stopnia w świetle kanału korzeniowego, złamanie instrumentu, perforacja ściany kanału lub praca instrumentem poza wierzchołkiem kanału korzeniowego. Procedury ustalane dla każdej techniki są bardzo ścisłe i opisywane w podręcznikach, piśmiennictwie oraz przez producentów. Na podstawie tych źródeł uważa się, że głównymi czynnikami, które zmniejszają ryzyko powstawania powikłań w trakcie leczenia endodontycznego są: stałe używanie lubrikantów i przepłukiwanie światła kanału korzeniowego środkami dezynfekującymi, rekapitulacja długości roboczej za pomocą narzędzia *K-file*, weryfikacja długości roboczej

za pomocą zdjęć rentgenowskich oraz endometrów elektronicznych, a także stała kontrola wprowadzanych do kanału korzeniowego instrumentów endodontycznych [57].

W przypadku instrumentów ze stopów stalowych nierdzewnych, gdzie zniszczenia instrumentów są widoczne makroskopowo, możliwa jest kontrola wzrokowa [58, 59], natomiast w przypadku instrumentów ze stopu niklowo-tytanowego w metodzie Lighspeed obowiązuje ścisłe przestrzeganie liczby procesów sterylizacji, jakiemu poddawane są te instrumenty [60]. Sprawni operatorzy rozpoznają powikłania zwykle na tyle wcześnie, że mogą zapobiec powstaniu trwałych powikłań obniżających efekt leczenia. W metodyce przedstawionej pracy dokładnie opisano poszczególne etapy wykonywania procedur endodontycznych oraz bardzo ściśle przestrzegano ich w trakcie prowadzenia badania celem uniknięcia trwałych powikłań. Uzyskanie tak nieznacznej liczby powikłań zarówno w grupie pacjentów leczonych systemem Lightspeed jaki i techniką *step-back* narzędziami palcowymi może wynikać ze ściśle ustalonych i przestrzeganych procedur postępowania w trakcie leczenia endodontycznego.

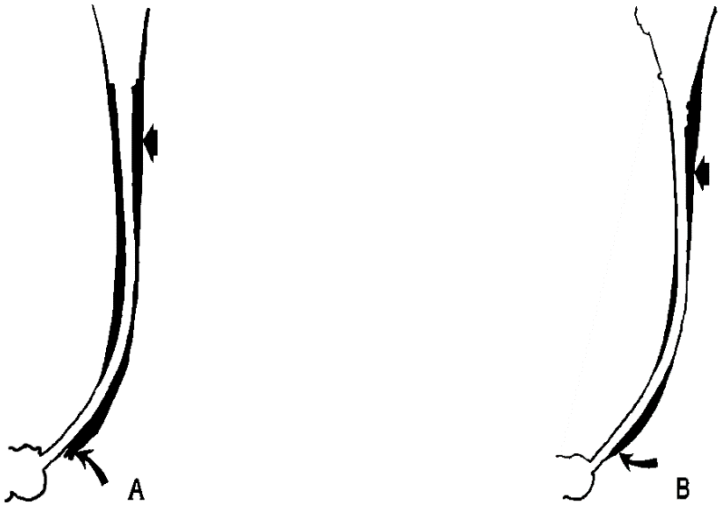
Wśród powikłań, jakie pojawiły się w trakcie leczenia, tylko w jednym przypadku wystąpiła utrata długości roboczej w kanale korzeniowym leczonym narzędziami stalowymi nierdzewnymi, tego typu powikłanie nie pojawiło się podczas leczenia systemem Lightspeed. Z piśmiennictwa wynika, że tego typu powikłanie pojawia się częściej w trakcie używania narzędzi mniej giętkich, jakimi są narzędzia stalowe nierdzewne [53]. Należy zaznaczyć, że w badanej grupie utrata długości roboczej została w trakcie leczenia zweryfikowana i kanał korzeniowy został wypełniony w ten sposób, że według przyjętych standardów zaliczony został do grupy kanałów korzeniowych najlepiej rokujących pod względem wypełnienia. Blokada światła kanału korzeniowego stanowiła powikłanie dające trwałą utratę długości roboczej i wystąpiła podczas leczenia systemem Lightspeed. Tego typu powikłanie może być spowodowane przez nie stosowanie lubrykantu lub niedostateczne przepłukiwanie światła kanału korzeniowego podczas opracowywania [61].

W grupie leczonej systemem Lightspeed wystąpiło powikłanie związane ze złamaniem instrumentu w świetle kanału korzeniowego, ale nie prowadziło ono do pozostawienia instrumentu w świetle, dlatego, że do złamania instrumentu doszło w okolicy trzonka.

Tego typu złamania związane są ze zbyt dużą siłą, z jaką instrument niklowo-tytanowy wprowadza się do kanału korzeniowego [57].

W obu grupach wystąpiło powikłanie związane z utworzeniem stopnia w świetle kanału korzeniowego. W omawianej pracy nie miało ono wpływu na utratę długości roboczej, niemniej jednak stanowiło o znacznym obniżeniu w tych przypadkach komfortu pracy. W pracy Himmela i wsp. [53] porównującej *in vitro* zastosowanie instrumentów stalowych i niklowo-tytanowych stwierdzono częściej występowanie powikłań w postaci stopni w części wierzchołkowej kanału korzeniowego w przypadku opracowywania narzędziami stalowymi palcowymi. Wystąpienie stopnia często może doprowadzić do utraty wcześniej ustalonej długości roboczej oraz braku oczyszczenia okolicy okołowierzchołkowej i pozostawienia bytujących tam bakterii.

W części wierzchołkowej kanału korzeniowego opracowywanej instrumentami niklowo-tytanowymi, czyli w tym miejscu, w którym w kanałach korzeniowych opracowywanych narzędziami stalowymi występował stopień, stwierdzano wybrzuszenie na wypukłej powierzchni ściany kanału korzeniowego. Świadczy to o tym, że giętkie narzędzia niklowo-tytanowe znacznie rzadziej wytwarzają stopień podczas opracowywania kanału korzeniowego (Ryc. 21).



Ryc. 21. Schemat opracowania kanału korzeniowego techniką step-back narzędziami palcowymi (A) i systemem Lightspeed (B), [53]. Szczegółowy opis w tekście.

5.5. Wypełnienie kanałów korzeniowych

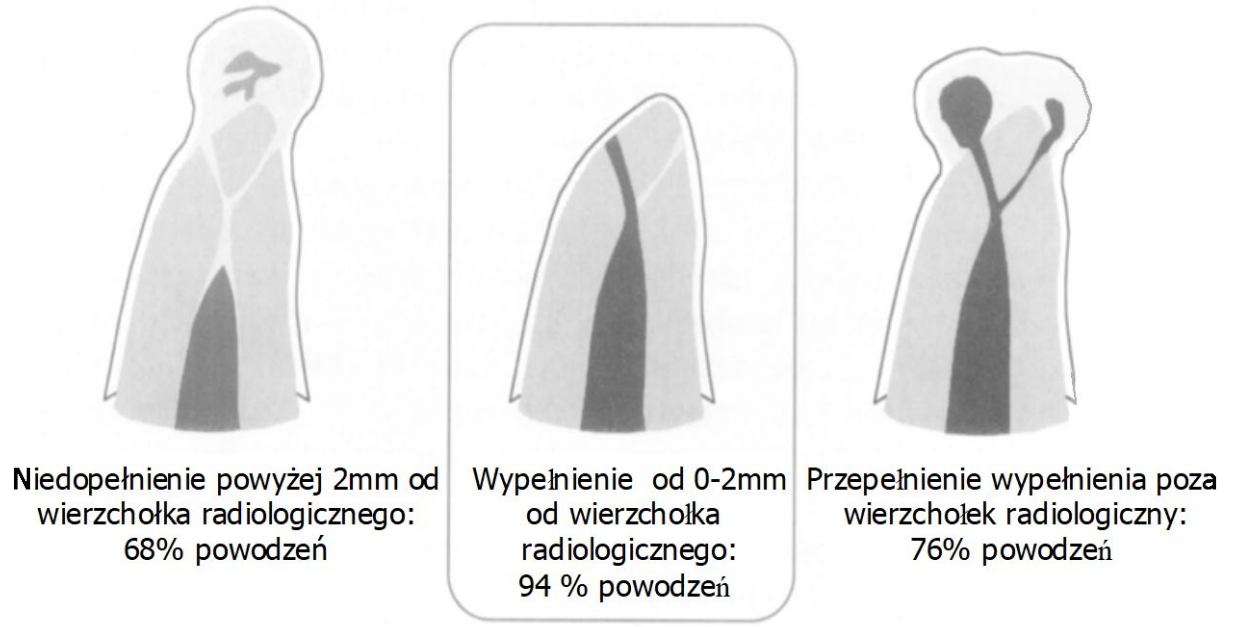
Szczelne wypełnienie prawidłowo opracowanego kanału korzeniowego oraz korony zęba leczonego endodontycznie w dużym stopniu zapobiega reinfekcji. W badaniach retrospektywnych oceniających późne wyniki leczenia endodontycznego stwierdzono, że na powodzenie lub porażkę leczenia nie mają wpływu takie czynniki jak liczba wizyt podczas leczenia, rodzaj wkładek do kanału, rodzaj materiału wypełniającego, rodzaj techniki wypełnienia kanału korzeniowego. Stwierdzono natomiast, że czynnikiem determinującym jest zakres wypełnienia kanału korzeniowego [62].

W prezentowanej pracy zastosowano schemat wypełniania kanału korzeniowego polecany przez Sjögrena [10], ryc. 10. Za prawidłowe uznano wypełnienia kanału korzeniowego do 2 mm od wierzchołka radiologicznego. Według piśmiennictwa otwór fizjologiczny uznawany jest za najlepszy punkt do ustalenia długości roboczej. Otwór fizjologiczny jako naturalne przewężenie kanału korzeniowego stanowi jednocześnie ograniczenie miazgi kanałowej. W kanałach korzeniowych, które posiadają otwór fizjologiczny odległość od otworu anatomicznego do otworu fizjologicznego wynosi 0,5 mm – 1,7 mm. Ta odległość jest zmienna osobniczo oraz ulega wydłużeniu wraz z wiekiem pacjenta. Niestety otwór fizjologiczny często nie występuje w świetle kanału korzeniowego, więc tym samym punktem odniesienia staje się otwór anatomiczny [63]. Za akceptowalne, ale gorzej rokujące, uznano wypełnienia kanału korzeniowego od 2 do 3 mm od wierzchołka radiologicznego. Zbyt krótkie wypełnienie kanału korzeniowego w części wierzchołkowej może spowodować, że pozostałe w kanale korzeniowym bakterie mogą zachować swą żywotność oraz zjadliwość, a przesączające się płyny z tkanek okołowierzchołkowych mogą stanowić pożywkę ułatwiającą ich namnażanie [64].

Za najgorzej rokujące uznano wypełnienie kanału korzeniowego poza wierzchołek radiologiczny. Wielu autorów uważa, że materiały wypełniające, a szczególnie uszczelniacze (ang. *sealers*), wprowadzone poza wierzchołek anatomiczny mogą działać jako czynnik drażniący tkanki okołowierzchołkowe oraz powodować ich odpowiedź immunologiczną [65]. Z tego powodu, w celu ograniczenia kontaktu z tak działającymi czynnikami, zalecane jest wypełnienie tylko w obrębie kanału zęba [10, 66, 67, 68].

Dwa przypadki zębów z żywą miazgą wypełnione w zakresie od 2 do 3 mm od wierzchołka radiologicznego zaliczono do grupy wypełnień optymalnych. Jest to zgodne

z zaleceniami dotyczącymi leczenia kanałów korzeniowych z żywą miazgą zaproponowanymi przez Kerekesa i Tronstada oraz przez Sjögrena i wsp. [9, 10]. Autorzy Ci dowiedli, że w przypadku zapalenia nieodwracalnego miazgi bakterie znajdują się jedynie w komorze zęba. W przeprowadzonym badaniu nie akceptowano wypełnienia kanału korzeniowego ze złym skondensowaniem materiału wypełniającego lub widoczną nieszczelnością wypełnienia w obrazie radiologicznym, co stwierdzono w 3 przypadkach. W tych przypadkach kanały korzeniowe wypełniano ponownie na tej samej wizycie i dopiero wtedy podlegały ocenie.



Ryc. 22. Późne rokowania leczenia endodontycznego, zależnie od stopnia wypełnienia kanału korzeniowego [10].

W prezentowanym badaniu wykazano, że kanały korzeniowe leczone systemem Lightspeed były wypełnione znacznie lepiej, niż leczone techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi. Wypełnienia poza otwór anatomiczny stwierdzono prawie 7 razy częściej u osób leczonych techniką palcową (p=0,03). Jednocześnie w grupie leczonej systemem Lightspeed stwierdzono dwukrotnie częściej zbyt krótkie, według ustalonych kryteriów, wypełnienie kanału korzeniowego. Różnica ta nie była istotna statystycznie, bo w wartościach bezwzględnych powikłanie to występowało w pojedynczych przypadkach zarówno w grupie leczonej systemem Lightspeed (2 przypadki) jak i techniką palcową step back (4 przypadki). Należy podkreślić, że w obydwu grupach uzyskano wysoki odsetek prawidłowo wypełnionych kanałów korzeniowych.

Analiza związku zakresu wypełnienia kanałów korzeniowych w zależności od stopnia zakrzywienia kanałów korzeniowych wykazała istotnie statystyczną przewagę prawidłowych wypełnień w grupie kanałów korzeniowych prostych leczonych systemem Lightspeed. Analiza związku stopnia zakrzywienia kanałów korzeniowych z jakością ich wypełnienia była przeprowadzona w badaniu eksperymentalnym Wu i i wsp. [32]. Autorzy ci wykazali podobny rozkład prawidłowych wypełnień w zakresie kanałów prostych leczonych metodą rotacyjną i techniką palcową, a wyraźną różnicę na niekorzyść kanałów zakrzywionych leczonych techniką *step-back* narzędziami palcowymi. Powodem uzyskania odmiennych wyników w prezentowanej pracy i przez autorów badania doświadczalnego w grupach kanałów korzeniowych prostych może być inna ocena stopnia zakrzywienia kanałów korzeniowych. W prezentowanym badaniu zastosowano skalę Schneider'a, w której kanały proste określa się jako kanały o zakrzywieniu od 0 do 5 stopni, natomiast Wu i wsp. do grupy kanałów prostych zaliczyli kanały korzeniowe o zakrzywieniu od 0 do 20 stopni.

5.6. Stan przyzębia wierzchołkowego przed i po leczeniu

Zapalenie tkanek okołowierzchołkowych często współistnieje z chorobami miazgi i może być też powikłaniem leczenia endodontycznego [69]. Zapalenie tkanek okołowierzchołkowych daje charakterystyczny obraz radiologiczny, wynikający z zachodzących procesów chorobowych w kościach w postaci przejaśnienia okolicy wierzchołka zęba [70]. Powszechnie w badaniach klinicznych do oceny stanu przyzębia wierzchołkowego stosuje się skalę PAI i tę skalę zastosowano w obecnym badaniu przed i sześć miesięcy po leczeniu [51].

Wskaźnik PAI jest to skala, w której kolejne wzorcowe zdjęcia rentgenowskie okolicy wierzchołka korzenia zęba obrazują większy stopień nasilenia stanu chorobowego. Każde zdjęcie wzorcowe ma przypisany kolejny punkt w skali pięciostopniowej. Zastosowanie skali PAI przed leczeniem pozwoliło na porównanie stanu przyzębia wierzchołkowego w obu leczonych grupach. Obie grupy badawcze nie różniły się stanem chorobowym okolicy okołowierzchołkowej, co potwierdza podobieństwo tych grup.

Zastosowanie skali PAI do oceny przyzębia wierzchołkowego po 6 miesiącach od leczenia pozwoliło na obiektywną ocenę odległej skuteczności leczenia. Uzyskane wyniki

wykazały znacznie lepsze gojenie (dwukrotnie wyższy odsetek całkowitego powrotu do stanu prawidłowego) w grupie leczonej systemem Lightspeed. Odsetek wygojenia okolicy okołowierzchołkowej zanotowany w prezentowanym badaniu jest porównywalny z odsetkiem wygojeń okolicy okołowierzchołkowej uzyskanym przez Trope'a wsp. [71].

Autorzy ci przeprowadzili badanie, które miało na celu odległą ocenę gojenia się okolicy okołowierzchołkowej zębów leczonych endodontycznie z widocznym radiologicznie przejaśnieniem okołowierzchołkowym. Ocenie poddali 102 kanały korzeniowe u 81 pacjentów. Po 52 tygodniach od leczenia 73,5% (75/102) kanałów korzeniowych uzyskało wynik „dobry" czyli 1 lub 2 punkty w skali PAI. Zastosowanie w prezentowanym badaniu takich samych kryteriów gojenia się okolicy okołowierzchołkowej w wyselekcjonowanej grupie pacjentów, ze zmienioną zapalnie tkanką okołowierzchołkową przed leczeniem, podobnie jak Trope'a i wsp., wykazało, że gojenie się okolicy okołowierzchołkowej kanałów korzeniowych zębów leczonych systemem Lighspeed było nieco częstsze niż techniką *step-back* narzędziami palcowymi (odpowiednio 92.9% vs. 86.7%) i wyraźnie wyższe niż w grupie leczonej przez Trope'a i wsp. Uzyskanie lepszych wyników niż Trope'a i wsp. w obu leczonych grupach może wynikać z faktu, że na ogólną liczbę 75 przypadków włączonych do prezentowanego badania ocenie skalą PAI nie poddano 13 pacjentów, którzy nie zgłosili się do badania kontrolnego, natomiast w badaniu Trope'a i wsp. wszyscy zakwalifikowani do badania pacjenci zostali ocenieni w badaniu kontrolnym. Różnice mogą być wynikiem mniejszej liczebności grupy w prezentowanym badaniu, ponieważ wyselekcjonowana grupa pacjentów, u których stwierdzono przejaśnienia w obrazie radiologicznym w okolicy okołowierzchołkowej przed leczeniem była czterokrotnie mniejsza niż w badaniu Trope'a i wsp.

Uzyskany bardzo wysoki odsetek powrotu do stanu prawidłowego okolicy okołowierzchołkowej w grupie leczonej systemem Lightspeed może potwierdzać badania doświadczalne Reddyego i wsp., Wu i wsp. oraz Chena i Messera [33, 72, 73], w których stwierdzono, że systemy rotacyjne oraz techniki palcowe wykorzystujące ruch obrotowy do poszerzania kanałów korzeniowych, np. balance-force, mają lepszą zdolność usuwania bakterii i opiłków z wierzchołkowej części kanału korzeniowej niż techniki palcowe. Usunięcie bakterii z tego obszaru determinuje powodzenie leczenia, ponieważ część wierzchołkowa kanału korzeniowego zawiera ok. 90% bakterii bytujących w świetle kanału korzeniowego [3, 74]. Zastosowanie skali PAI w badaniach klinicznych znalazło

uzasadnienie w badaniach prowadzonych przez Delano i wsp. W badaniu przeprowadzonym przez tych autorów porównywano subiektywną skalę PAI z metodą obiektywną, jaką jest zastosowanie badania densytometrycznego kości, za pomocą radiowizjografii (RVG). W badaniu tym nie wykazano różnic w ocenie stanu gojenia przyzębia wierzchołkowego za pomocą tych dwóch metod [75].

Obecnie do oceny stanu przyzębia okołowierzchołkowego stosowana jest także w badaniach klinicznych tomografia komputerowa, która w przyszłości może stać się standardem oceny radiologicznej późnych efektów leczeń endodontycznych [76].

5.7. Ocena lekarzy

Wyniki przeprowadzonego badania własnego wykazały, że lekarze stosujący system Lightspeed ocenili go znaczniej lepiej niż technikę *step-back* za pomocą narzędzi palcowych. Maksymalną, bardzo dobrą ocenę w czterostopniowej opisowej skali oceny jakości pracy w kanale korzeniowym przyznano w 26 przypadkach (70,3%) opracowywanych systemem Lightspeed i w zaledwie w 9 przypadkach kanałów korzeniowych opracowywanych narzędziami palcowymi stalowymi (27,3%), p=0,00008. Lekarze wykonujący zabieg oceniali go bezpośrednio po jego wykonaniu co podwyższa wartość uzyskanych danych w porównaniu z badaniami Barbakowa i Lutza [15], w których lekarze oceniali jakość pracy techniką Lightspeed na podstawie doświadczeń jakie mieli po pewnym czasie stosowania tego systemu w praktyce endodontycznej.

Używanie technik palcowych instrumentami stalowymi jest męczące dla lekarzy, ponieważ wykonywanie precyzyjnych ruchów palcami powoduje zmęczenie mięśni dłoni i przedramienia podczas pracy i po pracy. Wyniki badania Ozawy i wsp. potwierdziły, że stosowanie instrumentów palcowych ze stali powoduje uczucie zmęczenia i ból mięśni dłoni i przedramienia w trakcie i po zabiegu aż u 80% lekarzy [77]. Potwierdza to wyniki uzyskane w prezentowanym badaniu. Ocenę niezadowalającą (niedostateczna, średnia dobra) lekarze przyznali w 76% zabiegom wykonywanym techniką *step-back* narzędziami palcowymi, i tylko w 30% zabiegom wykonywanym systemem Lightspeed. Wprowadzenie na rynek końcówek mikrosilnika rotującego wprowadzającego do światła kanału korzeniowego instrument, stosowanego w systemie Lighspeed, miało na celu zmniejszenie odczuwanych przez lekarzy dolegliwości podczas leczenia endodontycznego.

W kolejnym badaniu Ozawa i wsp. oceniali za pomocą badania elektromiograficznego wpływ średnicy uchwytu narzędzi palcowych stosowanych w leczeniu endodontycznym na zmęczenie mięśni dłoni i przedramienia. Autorzy wykazali, że wzrost przekroju uchwytu instrumentu palcowego jest odwrotnie proporcjonalny do zmęczenia badanych mięśni. Można stąd wnioskować, że szeroki uchwyt końcówki mikrosilnika, która wprowadza instrument do kanału korzeniowego znacznie zmniejsza zmęczenie mięśni w trakcie i po pracy w kanale korzeniowym [78].

5.8. Komfort pacjenta

Dotychczasowe badania kliniczne analizowały tylko niektóre elementy komfortu pacjentów poddawanych zabiegom endodontycznym, np. analizowano występowanie bólu przed i po zabiegu oraz związek między tymi dwoma parametrami, występowanie obrzęku okolicy zęba poddawanego leczeniu, badano obecność wrażliwości na nagryzanie. Badania te nigdy jednak nie dotyczyły odczuć pacjenta podczas wykonywanego zabiegu [79, 80, 81].

W prezentowanym badaniu po raz pierwszy oceniano komfort odczuwany przez pacjentów podczas trwania zabiegu i porównywano wpływ zastosowanej techniki endodontycznej na subiektywną ocenę pacjentów. Każdy pacjent bezpośrednio po zabiegu wypełniał kwestionariusz subiektywnej oceny komfortu zabiegu zawierający ocenę: dolegliwości bólowych przed i w trakcie trwania zabiegu, czasu trwania zabiegu w pięciostopniowej skali subiektywnej i komfortu zabiegu wg skali NRS.

Analiza statystyczna porównująca dolegliwości bólowe odczuwane przez pacjentów leczonych systemem Lightspeed i narzędziami palcowymi stalowymi wykazała, że odczuwanie bólu przez pacjentów leczonych pierwszą metodą jest nieco mniejsze, ale różnica nie jest istotna statystycznie. Większość pacjentów niezależnie od zastosowanej metody uznała, że ból odczuwany przez nich można było określić jako słaby lub odczuwali brak bólu w trakcie zabiegu. Można więc stwierdzić, że rodzaj zastosowanej techniki leczenia endodontycznego nie ma wpływu na odczuwane podczas zabiegu dolegliwości bólowe. Ból przedzabiegowy nie miał też wpływu na odczuwane dolegliwości przez pacjenta podczas zabiegu, niezależnie od zastosowanej metody leczenia.

Czas trwania zabiegu w subiektywnej ocenie pacjentów był znacznie lepiej oceniony w przypadku systemu Lightspeed. Ocena „w sam raz" została przyznana dwukrotnie częściej przez pacjentów leczonych tym systemem w porównaniu z pacjentami leczonymi techniką *step-back* narzędziami stalowymi palcowymi. Czas trwania zabiegu jako „długi" został oceniony prawie trzykrotnie częściej u osób leczonych narzędziami stalowymi palcowymi w porównaniu z systemem Lightspeed. Pomimo stresu związanego z przeprowadzanym zabiegiem pacjenci subiektywnie oceniający czas jego trwania potrafili ocenić właściwie czas trwania leczenia endodontycznego, ponieważ bezwzględny czas trwania zabiegu w przypadku systemu Lightspeed był znacząco krótszy niż w przypadku metody palcowej.

Krótki czas trwania zabiegu oraz niski stopień odczuwanych dolegliwości bólowych wpłynął na ocenę komfortu zabiegu w skali numerycznej, gdzie pacjenci mieli za zadanie zaznaczyć odczuwany w czasie zabiegu komfort w skali od 0 (ocena najgorsza) do 10 (ocena najlepsza). Osoby leczone systemem Lightspeed znacznie lepiej oceniały tę metodę.

6. Wnioski

Leczenie endodontyczne systemem Lightspeed w porównaniu z techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi częściej skutkuje prawidłowym wypełnieniem kanałów korzeniowych prostych.

Leczenie systemem Lightspeed wymaga krótszego czasu w porównaniu z leczeniem techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi. Leczenie endodontyczne bez względu na zastosowaną metodę zwykle przeprowadza się w czasie jednej wizyty.

Leczenie endodontyczne z zastosowaniem systemu Lightspeed daje lepsze odległe wyniki leczenia w zakresie gojenia przyzębia wierzchołkowego.

W ocenie lekarzy praca systemem Lightspeed jest uznawana za bardziej komfortową niż praca techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi.

W subiektywnej ocenie pacjentów zabiegi wykonywane systemem Lightspeed charakteryzuje lepszy komfort oraz krótszy czas ich trwania. Odczuwanie bólu w trakcie trwania zabiegu jest podobne bez względu na zastosowaną metodę leczenia endodontycznego.

System Lightspeed i technikę *step-back* za pomocą narzędzi palcowych stalowychi charakteryzuje podobny stopień wypełnienia kanałów korzeniowych średnio zakrzywionych oraz podobny odsetek powikłań w trakcie leczenia endodontycznego.

7. Streszczenie

Celem badania była ocena komfortu pracy lekarza (czas poświęcony na wykonanie zabiegu, jakość pracy, występowanie powikłań oraz odczucie zmęczenia w czasie zabiegu) oraz komfortu odczuwanego przez pacjenta w trakcie zabiegu zależnie od metody opracowywania kanału korzeniowego, tzn. za pomocą systemu rotacyjnego Lightspeed (metoda I) i techniki *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi (metoda II). W pracy oceniano również stopień wypełnienia kanałów korzeniowych oraz gojenie się okolicy przyzębia wierzchołkowego po 6 miesiącach w zależności od zastosowanej metody leczenia.

Do badania zrandomizowano 37 pacjentów, u których leczenie endodontyczne wykonano za pomocą systemu Lightspeed i 38 pacjentów, u których leczenie endodontyczne wykonano techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi. Wskazania do leczenia endodontycznego były następujące: zapalenie nieodwracalne miazgi, marwica miazgi, zapalenie tkanek okołowierzchołkowych oraz złamanie korony zęba.

U wszystkich pacjentów leczenie przeprowadzono wg standardowej procedury, na którą składało się: 1) przygotowanie do leczenia endodontycznego (ocena stopnia zakrzywienia kanałów korzeniowych na podstawie zdjęcia rentgenowskiego według skali Schneidera, otwarcie komory zęba, wyznaczenie długości kanału korzeniowego, wyznaczenie długości roboczej); 2) opracowanie kanału korzeniowego metodą I lub metodą II zgodnie z wynikiem randomizacji; 3) wypełnienie kanału korzeniowego metodą kondensacji bocznej z uszczelniaczem oraz kontrola wypełnienia za pomocą zdjęcia rentgenowskiego.

Przed wykonaniem procedury leczenia u każdego pacjenta oceniono radiologicznie stan okolicy okołowierzchołkowej za pomocą skali PAI (ang. *periapical index*), oraz odnotowywano w kwestionariuszu nasilenie bólu odczuwane przez pacjenta.

Po wykonaniu procedury leczenia oceniano stopień wypełnienia kanału korzeniowego za pomocą zdjęcia rentgenowskiego (wypełnienie prawidłowe, akceptowalne, nie-akceptowalne); odnotowywano rodzaj i liczbę powikłań w trakcie procedury leczenia, mierzono czas opracowywania kanału korzeniowego, odnotowywano w kwestionariuszu

ocenę komfortu pracy lekarza, ocenę komfortu zabiegu przez pacjenta poddanego leczeniu (czas trwania zabiegu, nasilenie dolegliwości bólowych, odczucie komfortu w skali numerycznej) oraz zaznaczano w kwestionariuszu liczbę wizyt niezbędną do zakończenia leczenia.

Późną ocenę leczenia stanowiło określenie gojenia się przyzębia wierzchołkowego za pomocą skali PAI.

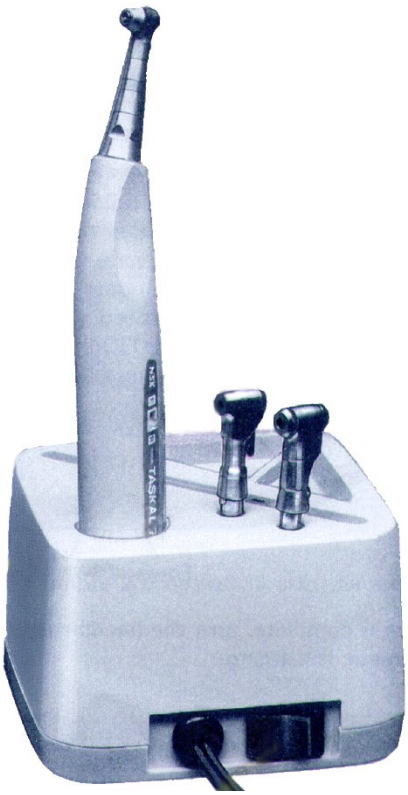
Badanie wykazało podobny charakter obu grup zrandomizowanych do leczenia w zakresie: wskazań do leczenia endodontycznego, rodzaju kanałów korzeniowych poddanych leczeniu, stopnia zakrzywienia kanałów korzeniowych i stanu przyzębia wierzchołkowego.

Pacjentów leczonych za pomocą systemu Lightspeed, w porównaniu z pacjentami leczonymi techniką *step-back* za pomocą narzędzi palcowych stalowych charakteryzował znacznie wyższy odsetek prawidłowo wypełnionych kanałów korzeniowych prostych (odpowiednio: 96,2% vs. 72,7%, p=0,02), krótszy czas trwania zabiegu (odpowiednio: 422±118 s vs. 532±118 s) oraz lepsze odległe rokowania (odsetek całkowitych wyleczeń, tzn. – PAI przed leczeniem>1, PAI po leczeniu =1, w grupie leczonej metodą I= 32,1%, odsetek całkowitych wyleczeń w grupie leczonej metodą II= 17,6%, p=n.s.), lepsza ocena komfortu pracy przez lekarzy (maksymalna, bardzo dobra ocena została przyznana w 70,3% przypadków leczonych metodą I i tylko w 23,7% przypadków leczonych metodą II, p=0,00008) oraz wyższy komfort zabiegu w ocenie pacjentów (krótszy czas trwania zabiegu, wyższa ocena komfortu zabiegu w skali numerycznej). Obie metody leczenia endodontycznego nie różniły się w zakresie jakości wypełnienia kanałów korzeniowych zakrzywionych, odsetka powikłań w trakcie zabiegu oraz nasilenia dolegliwości bólowych odczuwanych przez pacjentów w trakcie zabiegu.

Wyniki przeprowadzonego po raz pierwszy w warunkach klinicznych badania porównującego leczenie endodontyczne systemem Lightspeed z techniką *step-back* narzędziami palcowymi stalowymi wskazują na przewagę sytemu rotacyjnego zarówno w obiektywnych jak i subiektywnych markerach efektów leczenia.

8. Załącznik 1: Elementy systemu Lightspeed

Ryc.22. Instrumenty niklowo-tytanowe systemu Lightspeed



Ryc.22. Mikrosilnik przenośny systemu Lightspeed

9. Załącznik 2: Zdjęcia rentgenowskie

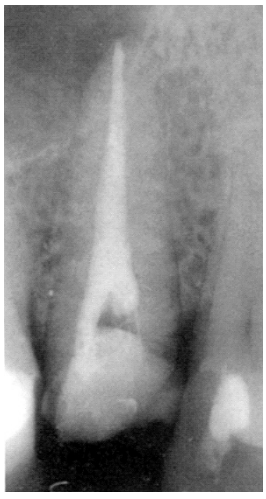
Fot. 1a.
Ząb 22, stan przed leczeniem endodontycznym

Fot. 1b.
Ząb 22, stan po leczeniu endodontycznym.

Fot. 1c.
Ząb 22, stan 6 miesięcy po leczeniu endodontycznym.

Fot. 2a.
Ząb 15, stan bezpośrednio po wypełnieniu kanału korzeniowego

Fot. 2b.
Ząb 15, stan 2 miesiące po wypełnieniu kanału korzeniowego



Fot. 2c.
Ząb 15, stan 6 miesięcy po wypełnieniu kanału korzeniowego

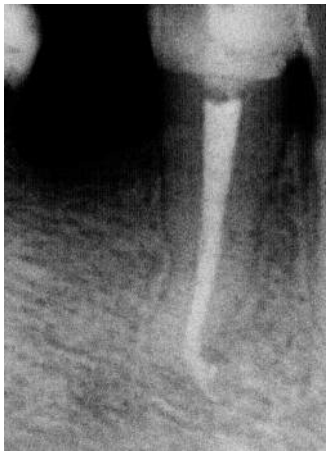
Fot. 3a.
Ząb 25, stan przed leczeniem

Fot. 3b.
Ząb 25, stan bezpośrednio po wypełnieniu kanału korzeniowego

Fot. 3c.
Ząb 25, stan 6 miesięcy po leczeniu endodontycznym

Fot. 4a.
Ząb 45, stan przed leczeniem endodontycznym

Fot. 4b.
Ząb 45, stan bezpośrednio po wypełnieniu kanału korzeniowego



Fot. 4c.
Ząb 45, stan 6 miesięcy po leczeniu endodontycznym

10. Załącznik 3: Kwestionariusz badania

NAZWISKO I IMIĘ…… NR KARTY □□/□□□

DATA UR.DD/MM/RR □□/□□/□□ PŁEĆ K □ M □

DATA ZABIEGU DD/MM/RR □□/□□/□□ NR ZĘBA □□

ADRES…… TEL: ……

WYPEŁNIA LEKARZ

przyczyna leczenia endodontycznego	a.zapalenie miazgi	
	b.martwica miazgi	
	c.zapalenie tkanek okołowierzchołkowych *(przewlekłe lub ostre)*	
	d.inne	

Metoda opracowania kanałów korzeniowych	METODA I (*step-back* narzędziami palcowymi typu ss)	
	METODA II (rotacyjna narzędziami systemu Lightspeed)	

Czas pracy w sekundach ……

(czas pomiędzy rozpoczęciem pracy instrumentami w kanale korzeniowym, aż do zakończenia opracowania ścian kanału korzeniowego)

Komfort pracy w kanale korzeniowym	a.niedostateczny	
	b.średni	
	c.dobry	
	d.bardzo dobry	

Kanał korzeniowy		**Długość APIT**	**Długość radiologiczna**	**Długość robocza**
pojedyńczy				
policzkowy				
językowy				
policzkowy bliższy				
policzkowy dalszy				
dalszy				
bliższy językowy				
bliższy policzkowy				
bliższy				

Wypełnienie kanału korzeniowego	**prawidłowe**	**poza otwór radiologiczny**	**niedopełnienie większe niż 2 mm**

Powikłania w trakcie zabiegu	a.utrata długości roboczej	
	b.blokada światła	
	c.stopień	
	d.złamanie instrumentu w świetle	
	e.pozostawienie złamanego instrumentu w świetle	
	f.sperforowanie ściany	
	g.overinstrumentation (praca poza wierzchołkiem)	
	h.brak powikłań	

ilość wizyt 1□ 2□ 3□ 4□

dolegliwości bólowe przed zabiegiem tak□ nie□

znieczulenie do zabiegu tak□ nie□

uwagi:

Podpis lekarza wykonującego zabieg

……

WYPEŁNIA PACJENT

dolegliwości bólowe w trakcie zabiegu	a.nie do wytrzymania	
	b.bardzo silny	
	c.silny	
	d.słaby	
	e.brak dolegliwości	

OCENA CZASU TRWANIA ZABIEGU	a.krótki	
	b.w sam raz	
	c.długi	
	d.za długi	

Ocena komfortu zabiegu w skali

min ---------- max

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

11. Piśmiennictwo

1. Tronstad L. Clinical Endodontics: a textbook, 2nd ed. San Diego: Thieme Medical Publishers, 2003.
2. Weiger R, Manncke B, Werner H, Löst C. Microbial flora of sinus tracts and root canals of non-vital teeth. Endod Dent Traumatol 1995;11:15-9.
3. Baumgartner J, Falkler W. Bacteria in apical 5 mm of infected root canals. J Endod 1991;17:380-3.
4. Lipińska A, Słowik J, Gregorczyk-Maga I, Krupiński J. Przetrwała infekcja w kanale korzeniowym - główna przyczyna niepowodzeń leczeń endodontycznych. Poradnik Stomatologiczny 2002;3:18-21.
5. Byström A, Happonen R, Sjögren U, Sundquist G. Healing of periapical lesion of pulpless teeth after endodontic treatment with controlled asepsis. Endod Dent Traumatol 1987;3:58-63.
6. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundquist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. Int Endod J 1997;30:297-306.
7. Kakehashi S, Stanley H, Fitzgerald R. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. Oral Surg 1965;20:340.
8. Sundquist S. Bacteriologic studies of necrotic dental pulps. Thesis, Umeå University,1976.
9. Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. J Endod 1979;5:83-90.
10. Sjögren U, Hägglund B, Sundquist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. J Endod 1990;16:498-504.
11. Nair P, Sjögren U, Krey G, Kanhberg K, Sundquist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesion: a long-term light and electron microscopic follow-up study. J Endod 1990;16:580-8.
12. Walton R, Ardjmand K. Histological evaluation of the presence of bacteria in induced periapical lesion in monkeys. J Endod 1992;18:216-7.
13. Sundquist G, Reuterving C. Isolation of Actinomyces Israeli from periapical lesion. J Endod 1980;6:602-6.

14. Weir J, Buck W. Periapical actinomycosis: report of a case and a review of the literature. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1982;54:336-40.
15. Barbakow F, Lutz F. The Lightspeed preparation technique evaluated by Swiss clinicians after attending continuing education courses. Int Endod J 1997;30:46-50.
16. Barbakow F, Lutz F, Toth L. Wurzelkanalbehandlungen in der Schweiz. Quantitative Aspekkte: eine Standortbestimmung. Schweiz Monatsschr Zahnmed 1995;105:1412-7.
17. Portenier I, Lutz F, Barbakow F. Preparation of the apical part of the root canal by the Lightspeed and *step-back* techniques. Int Endod J 1998;31:103-11.
18. Weine F, Kelly R, Lio P. The effect of the preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. J Endod 1975;1:256-62.
19. Alodeh M, Doller R, Dummer P. Shaping of simulated root canals in resin blocks using the *step-back* technique with K-files manipulated in a simple in/out filling motion. Int Endod J 1989;22:107-17.
20. Buchanan L. Management of the curved root canals. J Calif Dent Assoc 1989;17:18-25.
21. Lightspeed Inc., San Antonio, TX, USA.
22. Buehler W, Gilfrich J, Wiley R. Effect of low temperature phase changes on the mechanical properties of alloy near composition TiNi. J Appl Phys 1963;34:1457-9.
23. Lee J, Park J, Andreasen G, Lakes R. Thermomechanical study of Ni-Ti alloys. J Biomed Mater Res 1988;22:573-88.
24. Wang FE, Pickart SJ, Alperin HA. Mechanism of the TiNi martensisitic transformation and the crystal structures of TiNi-II and TiNi-III phases. J Appl Phys 1972;43:97-112.
25. Duerig TW, Melton KN, Stöckel D, Wyman CM. Engineering aspects of shape memory alloys. 1th ed. Boston: Butherworth-Heinemann Ltd, 1990.
26. Schäfer E, Tepel J, Hoppe W. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 2. Instrumentation of curved canals. J Endod 1995;21:493-7.
27. Krupiński J. Metody i zasady leczenia endodontycznego. Technika opracowywania kanałów korzeniowych instrumentami ręcznymi (cz. VI). Poradnik Stomatologiczny;2;6-12.
28. Abou-Rass M, Frank A, Glick D. The anticurvature filling method to prepare the curved root canal. J Am Dent Assoc 1980;101:792-4.
29. Clem W. Endodontics in the adolescent patient. Dent Clin North Am 1969;13:482-93.

30. Mullaney T. Instrumentation of the finely curved canals. Dent Clin North Am 1979;23:575-92.

31. Peters O, Laib A, Gohring T, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. J Endod 2001;27:1-6.

32. Wu M, Fan B, Wesselink P. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. J Endod 2000;26:210-16.

33. Reddy S, Hicks M. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. J Endod 1998;24:180-3.

34. Weiger R, Bruckner M, ElAyouti A, Lost C. Preparation of curved root canals with rotary FlexMaster instruments compared to Lightspeed instruments and NiTi files. Int Endod J 2003;36:483-90.

35. Rodig T, Hulsmann M, Muhge M, Schäfers F. Quality of preparation of oval distal root canals in mandibular molars using nickel-titanium instruments. Int Endod J 2002;35:919-28.

36. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Smooth flexible versus active tapered shaft design using NiTi rotary instruments. Int Endod J 2002;35:820-8.

37. Versümer J, Hülsmann M, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation using ProFile.04 and Lightspeed rotary Ni-TI instruments. Int Endod J 2002;35:37-46.

38. Szep S, Gerhardt T, Leitzbach C, Lüder W, Heidemann D. Preparation of severely curved simulated root canals using engine-driven rotary and conventional hand instruments. Clin Oral Investig 2001;5:17-25.

39. Bender I. Pulpal pain diagnosis –a review. J Endod 2000;26:175-9.

40. Byers M, Narhi M. Dentinal injury model: experimental tools for understending neuroinflammatory interactions and polymodal nociceptor functions. Crit Rev Oral Biol Med 1999;10:4-39.

41. Narhi M, Virtanen A, Kuhta J, Huopaniemi T. Electrical stimulation of teeth with a pulpal tester in the cat. Scand J Dent Res 1979;87:32-8.

42. Byers M, Dong W. Autoradigraphic location of sensory nerve endings in dentin of monkey teeth. Anat Rec 1983;205:441-54.

43. Trowbridge H, Emling R. Inflammation, a review of the process. 5th ed. Chicago: Quintessens Publishing Co, 1997.

44. Lin L, Langeland K. Light and electron microscopic study of teeth with carious pulp exposure. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1981;51:292-316.

45. Lin L, Skribner J. Why teeth associated with inflammatory periapical lesions can have a vital response. Clin Prev Dent 1990;12:3-4.

46. Lin L, Shovlin F, Scribner J, Langeland K. Pulp biopsies from the teeth associated with periapical radiolucency. J Endod 1984;10:436-48.

47. Rugh J. Psychological components of pain. Dent Clin North Am 1987;31:579-94.

48. Wong M, Lytle W. A comparison of anxiety levels associated with root canal therapy and oral surgery treatment. J Endod 1991;17:461-5.

49. Bjorndal L. The adaptation of new endodontic technology among general dental practicioner in Denmark. J Dent Res (Spec Iss B) 2003; B-29:0133.

50. Krupiński J, Krupińska A, Słowik J, Michalik K, Gregorczyk-Maga I, Lipińska A, Żarow M, Gandurska M, Geroch E. Ocena zgodności pomiarów długości kanałów korzeniowych aparatami Apit i Wskaźnik Apexu oraz metodą radiologiczną. Quintessence 1999;7:357-60.

51. Ørstavik D, Kerekes K, Eriksen H. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. Endod Dent Traumatol 1986;2:20-34.

52. Schneider S. A comparison of canal preparations in streight and curved root canals. Oral Surg 1971;32:271-5.

53. Himel V, Ahmed K, Wood D, Alhadainy H. An evaluation of nitinol and stainless steel files used by dental students during a laboratory proficiency exam. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995;79:232-7.

54. Lim K, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. Int Endod J 1985;18:240-6.

55. Saunders W, Saunders E. Effect of noncutting tipped instruments on the quality of root canal preparation using a modified double-flared technique. J Endod 1992;18:32-6.

56. Esposito P, Cunningham C. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless-steel instruments. J Endod 1995;21:173-6.

57. Gutmann J, Dumsha T, Lovdahl P, Hovland E. Problem solving in endodontics. Prevention, identification and management. 3rd ed. Saint Louis: Mosby 1997.

58. Grossman L. Guidelines for the prevention of fracture of root canal instruments. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1969;28:746-52.

59. Sampeck A. Instruments of endodontics: their manufacture, use and abuse. Dent Clin North Am 1967;11:579-601.

60. Serene T, Adams J, Saxena A. Nickel titanium instruments: application in endodontics. Ishiyaku EuroAmerica, St. Louis, 1995.

61. Lipski M. Środki poślizgowe (lubrykanty) stosowane podczas leczenia endodontycznego. Mag Stom 2002:12;106-7.

62. Stabholz A, Friedman S, Stamse A. Endodontic failures and retreatment. In: Cohen S, Burns RC. editors. Pathway of the pulp, 6nd ed. St.Louis: Mosby;1994.p.690-728.

63. Dummer P, McGinn J, Rees D. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. Int Endod J 1984;17:192-8.

64. Simon J. The apex: how critical is it. Gen Dent 1994;42:330-4.

65. Meryon S. The influence of surface area on the in vitro cytotoxity of a range of dental materials. J Biomed Mater Res 1987;21:1179-86.

66. Kallus T, Hensten-Pettersen A, Mjör I. Tissue response to allergenic leachables from dental materials. J Biomed Mater Res 1983;17:741-5.

67. Nair P, Sjögren U, Krey G. Sundquist G. Therapy resistant foreign body giant cell granuloma at the periapex of a root-filled human tooth. J Endod 1990;16:589-95.

68. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root-canal instrumentation and obscuration. Int Endod J 1998;31:384-409.

69. Nair P. Apical periodontitis; a dynamic encounter between root canal infection and host response. Periodontol 2000 1997;13:121-48.

70. Ramachandran Nair P, Pajarola G, Schroeder H. Types and incidence of human periapical lesions obtained with extracted teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1996;81:93-102.

71. Trope M, Delano E, Ørstavik D. Endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: single vs. multivisit treatment. J Endod 1999;25:345-50.

72. Chen J, Messer H. A comparison of stainless steel hand and rotary nickel-titanium instrumentation using a silicone impression technique. Aust Dent J 2002;1:12-20.

73. Wu M, Wesselink P. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995;79:492-6.

74. Wu M, Wesselink P, Walton R. Apical terminus location of root canal treatment procedures. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000;89:99-103.

75. Delano E, Ludlow J, Ørstavik D, Tyndall D, Trope M. Comparison between PAI and quantitative digital radiographic assessment of apical healing after endodontic treatment. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001;92:108-15.

76. Słowik J, Kaczmarzyk T, Krupiński J. Kraniotomografia komputerowa jako nowoczesna metoda wizualizacji tkanek układu stomatognatycznego. Poradnik Stomatologiczny 2003;7:10-12.

77. Ozawa T, Nagumo S, Kikuchi K, Yamazaki Y, Nakamura J. A survey of the symtoms in dentists' hands and forearms during or after dental practice. Tsurumi University Dental Journal 1998;25:35-41.

78. Ozawa T,Nakano M, Sugimura H, Kurayama H, Tahata K, Nakamura J, Shiozawa K. Effects of endodontic instrument handle diameter on electromyographic activity of forearm and hand muscles. Int Endod J 2001;34:100-6.

79. Genet J, Wesselink P, Thoden van Velzen S. The incidence of postoperative pain in endodontic therapy. Int Endod J 1986;19:221-9.

80. Flath R, Hicks M, Dionne R, Pelleu G. Pain suppression after pulpectomy with preoperative flurbiprofen. J Endod 1987;13:339-47.

81. Genet J, Hart A, Wesselink P, Thoden van Velzen S. Preoperative and operative factors associated with pain after the first endodontic visit. Int Endod J 1987;20:53-64.

Pracę zrealizowano ze środków
Komitetu Badań Naukowych.

Grant nr: 501/6 P05E 10421