Gdański Uniwersytet Medyczny

Katedra i Zakład Stomatologii Zachowawczej

Lek. dent. Ewelina Katarzyna Dzienis

Ocena podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego działaniu wybranych preparatów do wybielania. Badania *in vitro*

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych

Promotor: dr hab. n. med. Barbara Kochańska, prof. nadzw.

GDAŃSK 2017

Pragnę serdecznie podziękować Promotorowi pracy,
Pani Profesor Barbarze Kochańskiej,
za opiekę merytoryczną, cierpliwość, życzliwość oraz zaufanie,
a także za cenne wskazówki, pomoc i poświęcony czas
podczas powstawania i redagowania niniejszej pracy.

Niniejszą pracę dedykuję Moim Rodzicom
Annie i Kazimierzowi

SPIS TREŚCI

1.Wykaz skrótów stosowanych w pracy …… 5
2.Wstęp……6
3.Cel pracy……15
4. Materiał i metody badań……16
4.1Materiał badawczy ……..……16
4.2Preparaty wybielające zastosowane w badaniach…….……17
4.3Preparaty remineralizujące zastosowane w badaniach…….18
4.4Sposób przeprowadzania badań……19
4.4.1 Procedura badania podatności szkliwa na demineralizację w przypadku dziesięciokrotnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu każdorazowo przez 10 godzin, z uwzględnieniem zastosowanej remineralizacji (Grupa I; n=20 zębów) …… 21
4.4.2 Procedura badania podatności szkliwa na demineralizację w przypadku dziesięciokrotnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu każdorazowo przez 10 godzin, z uwzględnieniem zastosowanej remineralizacji (Grupa II; n=20 zębów) ……..…..…..23
4.4.3 Procedura badania podatności szkliwa na demineralizację w przypadku trzykrotnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu każdorazowo przez 2 godziny, z uwzględnieniem zastosowanej remineralizacji (Grupa III; n=20 zębów)……..25
4.4.4 Procedura badania podatności szkliwa na demineralizację w przypadku trzykrotnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu każdorazowo przez 4 godziny, z uwzględnieniem zastosowanej remineralizacji (Grupa IV; n=20 zębów)……..27
4.4.5 Procedura badania podatności szkliwa na demineralizację w przypadku trzykrotnej aplikacji 35% nadtlenku wodoru każdorazowo przez 10 minut, z uwzględnieniem zastosowanej remineralizacji (Grupa V; n=20 zębów)……..….29
4.5Analiza statystyczna…….30
5.Wyniki…….……31
5.1 Zestawienie wyników badań dotyczących podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego dziesięciokrotnemu działaniu preparatu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu każdorazowo przez 10 godzin, z uwzględnieniem wpływu przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny……..……...32
5.1.1 Analiza zmian zachodzących w podatności szkliwa na demineralizację po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny oraz po zabiegach remineralizacji szkliwa z wykorzystaniem dwóch różnych preparatów zawierających związki fluoru….36
5.2 Zestawienie wyników badań dotyczących podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanych dziesięciokrotnemu działaniu preparatu zawierającego 16% nadtlenek karbamidu każdorazowo przez 10 godzin z uwzględnieniem wpływu przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny……...45
5.2.1 Analiza zmian zachodzących w podatności szkliwa na demineralizację po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny oraz po zabiegach remineralizacji szkliwa z wykorzystaniem dwóch różnych preparatów zawierających związki fluoru…….49
5.3 Zestawienie wyników badań dotyczących podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego trzykrotnemu działaniu preparatu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu każdorazowo przez 2 godziny, z uwzględnieniem wpływu przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny…….....57
5.3.1 Analiza zmian zachodzących w podatności szkliwa na demineralizację po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny oraz po zabiegach remineralizacji szkliwa z wykorzystaniem dwóch różnych preparatów zawierających związki fluoru…..60

5.4 Zestawienie wyników badań dotyczących podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanych trzykrotnemu działaniu preparatu zawierającego 16% nadtlenek karbamidu każdorazowo przez 4 godziny z uwzględnieniem wpływu przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny…….....69
5.4.1 Analiza zmian zachodzących w podatności szkliwa na demineralizację po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny oraz po zabiegach remineralizacji szkliwa z wykorzystaniem dwóch różnych preparatów zawierających związki fluoru.....72
5.5 Zestawienie wyników badań dotyczących podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanych trzykrotnemu działaniu preparatu zawierającego 35% nadtlenek wodoru każdorazowo przez 10 minut z uwzględnieniem wpływu przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny…….....81
5.5.1 Analiza zmian zachodzących w podatności szkliwa na demineralizację po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny oraz po zabiegach remineralizacji szkliwa z wykorzystaniem dwóch różnych preparatów zawierających związki fluoru…….....84
5.6 Zestawienie wyników badań dotyczących oceny odporności na działanie szkliwa zębów poddanych działaniu preparatów wybielających zawierających 10% nadtlenek karbamidu, 16% nadtlenek karbamidu i 35% nadtlenek wodoru z uwzględnieniem czasu przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny i zastosowanej remineralizacji pastami…….92
6. Dyskusja…….97
7. Wnioski…….....123
8. Piśmiennictwo…….....127
9. Streszczenie…….....134
10. Summary …….....145

1. WYKAZ SKRÓTÓW STOSOWANYCH W PRACY

ACP – *amorphous calcium phosphate*/ amorficzny fosforan wapnia
AFM – *Atomic force mikroscope/* mikroskop sił atomowych
APF – fluorek sodu zakwaszony kwasem fosforowym
CP – *carbamide peroxide* / nadtlenek karbamidu
CPP-ACP – *caseinophosphopeptide-amorphouscalciumphosphate/* fosfopeptyd kazeiny i amorficzny fosforan wapnia
CRT – C*olor Reaction Time* / test kolorymetryczny
CRT-K – test kontrolny wykonany po 24 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, przed rozpoczęciem zabiegów wybielania
CRT-R – test wykonany po zabiegach remineralizacyjnych
CRT-S – test wykonany po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny
CRT-W – test wykonany po zabiegach wybielania szkliwa
°C – stopnie Celsjusza
EDTA – kwas etylenodiaminotetraoctowy, kwas wersenowy
h - godzina
HP – *hydrogen peroxide*/ nadtlenek wodoru
max - maksimum
min. - minimum
min - minuta
mM - milimol
n – liczba n
n-CAP – nanowęglan apatytu
N – normalny, w pracy 1N HCl – 1-normalny kwas solny
nr - numer
p – poziom istotności
pH – odczyn substancji
ppm – *part per milion*
ryc. - rycina
s - sekunda
SD – odchylenie standardowe
SEM – elektronowy mikroskop skaningowy
tab. - tabela
µl - mikrolitr
$\bar{x}$– średnia arytmetyczna

2 WSTĘP

Zarówno w Polsce, jak i na świecie, obserwuje się stały wzrost zainteresowania pacjentów zabiegami wybielania zębów. Szacuje się, że nawet połowa populacji świata nie jest zadowolona z koloru swoich zębów i stosuje wszystkie dostępne metody pozwalające na usunięcie przebarwień, rozjaśnienie zębów, a także uczynienie ich bardziej połyskliwymi [29, 80]. Preparaty wybielające mogą być stosowane w metodzie wybielania nakładkowego (*dentist-prescribed, home-applied*) lub podczas profesjonalnego wybielania w gabinecie stomatologicznym (*in officebleaching*). Niektóre preparaty są także dostępne w wolnej sprzedaży do zastosowania bez nadzoru lekarza (*over-the counter home bleaching systems*) [11, 17, 18, 20, 31, 33, 34, 36, 44, 48, 49, 52, 54, 55, 57, 62, 64, 75, 77, 78, 83, 85, 88, 92, 93]. Profesjonalne wybielanie zębów bywa często łączone z wybielaniem nakładkowym i i traktowane jest jak wstępny „katalizator" procesu wybielania [64]. W przypadku zębów z żywą miazgą, stosuje się wyłącznie wybielane zewnętrzne szkliwa, natomiast zęby martwe mogą być wybielane zarówno zewnętrznie jak i wewnętrznie [47, 77].

Preparaty stosowane do wybielania zewnętrznego zębów mają głównie postać żelu lub pasty. Preparaty te różnią się składem, w tym rodzajem substancji aktywnej (nadtlenek wodoru względnie nadtlenek karbamidu) i jej stężeniem oraz dopuszczalnym czasem kontaktu ze szkliwem i częstotliwością stosowania [18, 54, 55, 75]. Wysokie stężenia nadtlenku karbamidu (35-37%) i nadtlenku wodoru (30-35%) są stosowane w profesjonalnym wybielaniu zębów [1, 8, 11, 33, 36, 49, 52, 57, 64, 70, 77, 83, 84, 92, 95, 100]. Natomiast w domowym wybielaniu stosuje się nadtlenek karbamidu w stężeniu nie przekraczającym 20% oraz nadtlenek wodoru w stężeniu nie przekraczającym 10% [1, 8, 11, 33, 34, 48, 52, 64, 83, 95]. Należy dodać, że zarówno nadtlenek karbamidu jak i nadtlenek wodoru stosowane są nie tylko do wybielania szkliwa. Nadtlenek karbamidu stanowi dodatek do środków czyszczących i do płukanek stosowanych w higienie jamy ustnej [78]. Nadtlenek wodoru w stężeniach 10% i 15% stosowany jest do wybielania szkliwa, a także jest używany jako środek utleniający do produkcji chemikaliów oraz jako środek do wybielania celulozy i tekstyliów [49]. Ponadto nadtlenek wodoru ma zastosowanie w produktach higieny jamy ustnej w stężeniu 0,1%. Stosowany jest do odkażania ran oraz do dezynfekcji szkieł kontaktowych w stężeniu 3%. Jest on również dopuszczany do stosowania w pielęgnacji włosów, skóry i paznokci, odpowiednio w stężeniach do 12%, 4% i 2%. Nadtlenek wodoru stosuje się także do dezynfekcji wody i produktów spożywczych [49].

Gotowe preparaty do wybielania, poza podstawowym składnikiem (nadtlenkiem wodoru lub nadtlenkiem karbamidu) oraz wodą, mogą zawierać dodatkowo inne składniki (np. fluorek sodu, azotan potasu, amorficzny fosforan wapnia, chitozan), których zadaniem ma być zmniejszenie niektórych niekorzystnych efektów wybielania zębów. Dodatek fluoru i wapnia może redukować utratę minerałów ze szkliwa, umożliwia remineralizację szkliwa oraz zmniejszenie nadwrażliwości pozabiegowej. Azotan potasu oraz amorficzny fosforan wapnia (ACP) mają chronić wybielane zęby przed nadwrażliwością i demineralizacją. Chitozan wspomaga wchłanianie wapnia, przez co zmniejsza objawy nadwrażliwości, chroni również szkliwo przed utratą wapnia. Ponadto chitozan przeciwdziała osadzaniu się płytki nazębnej, posiada właściwości antybakteryjne i antywirusowe [38, 45]. Dodatek karboksypolimetylenu zapobiega rozkładowi środka wybielającego i zapewnia mu jednocześnie konsystencję żelu [13, 14, 16, 18, 32, 44, 60, 76, 77, 87, 94, 100]. Istotny dla tkanek zęba jest również odczyn preparatu wybielającego, który może być kwaśny, obojętny lub zasadowy. Preparaty o odczynie kwaśnym mogą sprzyjać niepożądanej demineralizacji szkliwa.

Preparat wybielający może być aplikowany samodzielnie przez pacjenta na powierzchnię szkliwa za pomocą nakładek, pasków wybielających (wybielanie domowe) [16, 17, 27, 31, 39, 70, 75, 77, 78, 85, 86, 94, 95, 96]. W metodzie profesjonalnej, preparat wybielający jest aplikowany przez lekarza, bezpośrednio na oczyszczone powierzchnie wargowe i policzkowe zębów, po uprzednim zabezpieczeniu dziąseł za pomocą płynnego koferdamu [65, 72, 83, 93]. Czas i częstotliwość aplikacji preparatu na powierzchnię szkliwa, zależy od rodzaju i stężenia preparatu wybielającego. W domowym wybielaniu zębów, preparat zawierający 10% nadtlenku karbamidu stosuje się np. 8-10 h przez okres 3-10 dni, natomiast w przypadku 16% nadtlenku karbamidu czas jednorazowej aplikacji wynosi 2-6 h i zabieg jest powtarzany przez 3-10 dni. W profesjonalnym wybielaniu zębów preparat wybielający zawierający 35% nadtlenek wodoru stosuje się trzykrotnie po 10 min w ciągu jednego dnia. W metodzie profesjonalnej, wybielanie może być dodatkowo wspomagane (w zależności od zaleceń producenta) urządzeniami przyspieszającymi ten proces, do których należą m.in. halogenowe lub diodowe lampy polimeryzacyjne, łuk plazmowy, lasery o mocy powyżej 500 mW [11, 16, 18, 29, 36, 37, 68, 72, 75, 76, 80, 92, 100].

W tab. 1 przestawiono przykłady preparatów stosowanych do wybielania zewnętrznego zębów z uwzględnieniem czasu i częstotliwości ich aplikacji.

Tabela 1. Zestawienie wybranych preparatów stosowanych do wybielania zewnętrznego zębów [13, 14, 18, 20, 23, 25, 36, 53, 61, 65, 71, 76, 78, 80, 90, 91, 93, 95, 96]

Table 1. Information about selected preparations used for external bleaching

L.p. L. s.	Nazwa preparatu wybielającego Name of bleaching preparation	Składnikwybielający Bleaching component	Obecność fluoru Fluor presence	Czas aplikacji Time of application	Ekwiwalent % H_2O_2 Equivalent of% H_2O_2
1	**Opalescence® Boost 38%** (Ultradent, South Jordan, UT, USA);	38% nadtlenek wodoru 38% hydrogen peroxide	+	80 min/ tydzień 80 min/ week	38
2	**WHITEsmile® XTRA 38% HP** (Germany);	38% nadtlenek wodoru 38% hydrogen peroxide	-	3 x 15 min	38
3	**Bianco® Supreme /Professional** (Molteni Dental, Włochy);	35% nadtlenek wodoru 35% hydrogen peroxide	-	10-20 min	35
4	**Yotuel® Special 35% HP** (Yotuel®, Spain);	35% nadtlenek wodoru 35% hydrogen peroxide	+	45 min/ tydzień 45 min/ week	35
5	**Crest® Whitestrips® Supreme** (Procter& Gamble, Cincinnati, Ohio, USA);	14% nadtlenek wodoru 14% hydrogen peroxide	-	2 x 30 min	14
6	**Opalescence® Treswhite Supreme**(Ultradent, South Jordan, Utah, USA);	10% nadtlenek wodoru 10% hydrogen peroxide	+	30 min/ dzień 30 min/ day	10
7	**Pola® Day**(SDI, Australia);	9,5% nadtlenekwodoru 9,5% hydrogen peroxide	+	30 min/ dzień 30 min/ day	9,5
8	**Pola® Day**(SDI, Australia);	7,5% nadtlenek wodoru 7,5% hydrogen peroxide	+	30 min/ dzień 30 min/ day	7,5
9	**Day White® ACP** (Philips ZOOM!)	6% nadtlenek wodoru 6% hydrogen peroxide	+	30 min/ dzień 30 min/ day	6
10	**Pola® Day**(SDI, Australia);	3% nadtlenek wodoru 3% hydrogen peroxide	+	30 min/ dzień 30 min/ day	3
11	**Opalescence® Quick PF 45% CP** (Ultradent, South Jordan, Utah, USA);	45% nadtlenek karbamidu 45% carbamide peroxide	+	30 min/ dzień 30 min/ day	15
12	**Yotuel® 10 Minutes 30% CP** (Yotuel®, Spain);	30% nadtlenek karbamidu 30% carbamide peroxide	+	10 min/ dzień 10 min/ day	10,05
13	**Pola® Night**(SDI, Australia);	22% nadtlenek karbamidu 22% carbamide peroxide	+	6 h/ dzień 6h/ day	7,41
14	**Pola® Night**(SDI, Australia);	16% nadtlenek karbamidu 16% carbamide peroxide	+	6 h/ dzień 6 h/ day	5,36
15	**Nite White® ACP** (Philips ZOOM!)	16% nadtlenek karbamidu 16% carbamide peroxide	+	8 h/ dzień 8 h/ day	5,36
16	**Opalescence PF 16%** (Ultradent, South Jordan, Utah, USA),	16% nadtlenek karbamidu 16% carbamide peroxide	+	8h/dzień 8 h/ day	5,36
17	**Yotuel® Patient**(Yotuel®, Spain);	10% nadtlenek karbamidu 10% carbamide peroxide	+	8 h/ dzień 8 h/ day	3,35
18	**Pola® Night**(SDI, Australia);	10% nadtlenek karbamidu 10% carbamide peroxide	+	6 h/ dzień 6 h/ day	3,35
19	**Opalescence® PF 10%** (Ultradent, South Jordan, Utah, USA);	10% nadtlenek karbamidu 10% carbamide peroxide	+	8 h/ dzień 8 h/ day	3,35
20	**Nite White® ACP** (Philips ZOOM!)	10% nadtlenek karbamidu 10% carbamide peroxide	+	8 h/ dzień 8 h/ day	3,35

Wybielanie jest reakcją utleniania, w której związek wybielający przekazuje elektron związkom redukującym, które są wybielane [78, 95]. Środki wybielające są pod względem chemicznym utleniaczami, czyli związkami o wysokim potencjale redukcyjnym. W wyniku reakcji wybielania dochodzi do rozjaśniania przebarwień (chromoforów) zgromadzonych w tkankach twardych (szkliwie i zębinie), głównie w ich matrycy organicznej. Jak wspomniano wcześniej, podstawowymi składnikami preparatów wybielających jest nadtlenek karbamidu lub nadtlenek wodoru. Nadtlenek karbamidu w obecności wody lub śliny, rozkłada się na mocznik i nadtlenek wodoru, stanowiący 1/3 koncentracji nadtlenku karbamidu [1, 16, 18, 25, 48, 75, 92, 95]. Uwolniony nadtlenek wodoru dyfunduje przez organiczną matrycę szkliwa i zębiny, łatwo ulegając destabilizacji. Wszystkie powstające po rozpadzie nadtlenku wodoru wolne rodniki tlenowe mają działanie silnie odbarwiające [1]. Wybielaniu podlegają chromofory, czyli związki organiczne zbudowane z długich sprzężonych łańcuchów zawierających pojedyncze lub podwójne wiązania, sprzężone heterogenne atomy, pierścienie węglowe i fenylowe. Wybielanie chromoforu następuje poprzez zniszczenie jednego lub więcej podwójnych wiązań w sprzężonym łańcuchu, rozszczepienie sprzężonego łańcucha lub przez oksydację innej chemicznej części w sprzężonym łańcuchu [16, 25]. Zatem dążąc do przejścia w formę trwałą, powodują przemianę ciemno zabarwionych związków pierścieniowych do jaśniejszych związków zawierających podwójne wiązania alkenowe. Z nich tworzą się nietrwałe epoksydy, przekształcające się z kolei w bezbarwne alkohole wielowodorotlenowe. Moment ten nazywany jest „punktem nasycenia" lub „punktem saturacji" materiału wybielanego [18, 20, 25, 37, 46, 54, 78]. Prawidłowo prowadzone wybielanie powinno zakończyć się na tym właśnie etapie, czyli nie powinno przekroczyć punktu saturacyjnego. Przekroczenie tego punktu oznacza degradację substratu i jego przemianę w wodę i dwutlenek węgla, a tym samym rozpoczyna proces destrukcji struktury zęba [78, 95]. Nadmierne wybielanie zębów powoduje ryzyko utlenienia białek szkliwa i zębiny, co prowadzi w konsekwencji do kruchości i wzrostu porowatości twardych tkanek zęba [16].

Dane z piśmiennictwa wskazują, że wybielanie zębów, niezależnie od metody, powinno być stosowane po uprzednim zakwalifikowaniu, a następnie odpowiednim przygotowaniu pacjenta przez lekarza. Kwalifikacja pacjenta odbywa się najczęściej na podstawie badania podmiotowego (wywiadu) i badania przedmiotowego. Ustala się wówczas wskazania i ewentualne przeciwwskazania do przeprowadzenia zabiegu wybielania zębów [18, 92, 95, 96]. Wybór stężenia preparatu wybielającego powinien być dobierany w zależności od jakości oraz intensywności przebarwień powstałych w szkliwie

zębów. Ponadto preparaty wybielające mogą być stosowane do rozjaśniania szkliwa, w którym występują nieaktywne białe zmiany plamkowe powstałe podczas leczenia ortodontycznego aparatami stałymi. Knösel i wsp. [43] w badaniach *in vivo* oceniali wpływ zewnętrznego wybielania na kolor i przejrzystość nieaktywnych zmian plamkowych powstałych w trakcie leczenia stałymi aparatami ortodontycznymi. Oceny koloru dokonywano przed rozpoczęciem wybielania, po jednorazowym zastosowaniu 30% nadtlenku wodoru przez 60 min, po 14 dniach stosowania 15% nadtlenku wodoru przez 1 h dziennie oraz po remineralizacji żelem fluorkowym Elmex Gelée. Zdaniem autorów, w wyniku przeprowadzonych zabiegów uzyskano satysfakcjonujący kamuflaż opisanych zmian [43]. Przy wyborze metody wybielania ważnym czynnikiem jest określenie wrażliwości pacjenta na ból. Wrażliwym pacjentom zaleca się stosowanie niższych stężeń preparatu wybielającego, ze względu na mniejsze ryzyko powstania w tym przypadku nadwrażliwości zębów. Ponadto przy wyborze metody wybielania należy wziąć pod uwagę liczbę wypełnień u pacjenta - im jest ich więcej, tym większe są wskazania do zastosowania metody nakładkowej [18, 77, 95]. Przed rozpoczęciem zabiegów wybielania, należy wykonać skaling, opracować ubytki próchnicowe i wypełnić je (najczęściej materiałami do wypełniania czasowego), zlikwidować ogniska zakażenia w postaci korzeni zgorzelinowych czy stanów zapalnych [48, 92].

W piśmiennictwie opisane są także liczne przeciwwskazania do stosowania zabiegu wybielania domowego [48, 92]. Dotyczą one m.in. pacjentów z poważnymi schorzeniami ogólnymi, schorzeniami psychicznymi, pacjentów stosujących silne leki (np. psychotropowe, cytostatyki), kobiet w ciąży lub karmiących, pacjentów uczulonych na czynniki wybielające względnie na materiały, z których wykonane są nakładki. Przeciwwskazania obejmują także osoby palące lub żujące tytoń, wiek poniżej 17. roku życia, brak zgody pacjenta. U pacjentów z zaburzeniami w stawach skroniowo-żuchwowych, może dochodzić do nasilenia tych zaburzeń w przypadku zastosowania nakładek [47, 48, 92]. Jako przeciwwskazania miejscowe do wybielania wymieniane są m.in. silne przebarwienia zębów w kolorze niebiesko-szarym, przebarwienia tetracyklinowe III°, nadwrażliwość zębów, rozległe zniszczenia zębów, duża liczba wypełnionych zębów, zaawansowana fluoroza, głęboka hipoplazja szkliwa, stany zapalne błon śluzowych [92].

Jak wynika z dostępnego piśmiennictwa, zabieg wybielania zewnętrznego zębów niezależnie, czy jest przeprowadzany w gabinecie stomatologicznym przez lekarza, czy w warunkach domowych przez pacjenta, może być przyczyną wystąpienia skutków ubocznych wczesnych lub późnych [15, 17, 18, 20, 23, 24, 29, 30, 35, 37, 39, 44, 54, 55,

67, 68, 71, 75, 76, 78, 80, 81, 84, 90]. Na taką możliwość wskazywały wyniki badań prowadzonych przez wielu autorów. Badania dotyczące skutków ubocznych wybielania zewnętrznego zębów były prowadzone z zastosowaniem różnych preparatów wybielających w warunkach *in vivo* [8, 21, 23, 29, 67, 76, 100] i *in vitro* [1, 4, 5, 6, 9, 12, 15, 16, 18, 20, 24, 26, 28, 30, 40, 42, 44, 54, 55, 68, 71, 78, 80, 81, 90, 91, 97, 98].Do najczęściej obserwowanych i rozważanych skutków ubocznych wybielania zewnętrznego zębów należały niekorzystne zmiany zachodzące w strukturach szkliwa, skutkujące jego mniejszą odpornością na działanie czynników mechanicznych, chemicznych czy bakteryjnych. Obserwowano m.in. spadek mikrotwardości szkliwa, wzrost szorstkości i porowatości szkliwa, spadek gęstości optycznej szkliwa, utratę grup fosforowych i jonów wapnia z powierzchni szkliwa, spadek ilości składników mineralnych w szkliwie, zmniejszenie oporu elektrycznego szkliwa. Przeprowadzone doświadczenia wskazywały na powstawanie niewielkich erozji szkliwa związanych z nieznacznym wytrawieniem rdzenia pryzmatu i jego obrzeża. Zwrócono również uwagę na zwiększoną podatność wybielonego szkliwa na wtórne odkładanie się barwników. Niektórzy autorzy wskazywali na wzrost podatności wybielanego szkliwa na abrazję i działanie kwasów [14, 15, 18, 20, 24, 25, 30, 31, 33, 40, 41, 47, 54, 55, 61, 62, 68, 71, 75, 76, 78, 80, 81, 90, 95]. Santos i wsp. [82] prowadzili badania *in vitro* dotyczące oceny zmian w morfologii zębiny zębów bawolich z zastosowaniem różnych preparatów wybielających. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że po 7 dniach wybielania plastrów zębowych 30% nadtlenkiem wodoru i 37% nadtlenkiem karbamidu doszło do wytrawienia przestrzeni międzykanalikowej w zębinie. Kanaliki zębinowe były szersze i zdemineralizowane wewnątrz. Natomiast stosując nadboran sodu, autorzy zaobserwowali występowanie tylko nieznacznych zmian na powierzchni zębiny, w związku z czym uznali, że nadboran sodu jest bezpiecznym środkiem do wybielania zębów martwych [82].

Część autorów analizowała wpływ wybielania na wypełnienia znajdujące się w danym zębie. Wyniki badań wskazywały na spadek siły wiązania bondu ze szkliwem [12, 31, 101] oraz na zwiększony mikroprzeciek po zastosowaniu 10% nadtlenku karbamidu [41, 73]. De Oliveira i wsp. [21] aplikowali na szkliwo 15% nadtlenek karbamidu z dodatkiem fluoru przez 3 tygodnie po 8 h dziennie, a następnie preparowali w szkliwie ubytki. Po założeniu w wypreparowanych ubytkach wypełnień, autorzy stwierdzali że już po 6 h dochodziło do obniżenia siły wiązania materiału adhezyjnego z wybielonym szkliwem, a także występował zwiększony mikroprzeciek. Mortazavi i wsp. [73] w badaniach *in vitro* oceniali wpływ wybielania 15% nadtlenkiem karbamidu na stan wypełnień kompozytowych zakładanych z wykorzystaniem trzech różnych systemów adhezyjnych w

ubytkach klasy V. Po 15 dniach codziennego wybielania przez 8 h i po przechowywaniu zębów w sztucznej ślinie, stwierdzono w przypadku systemu Promp L-Pop zwiększony mikroprzeciek zębinowy, natomiast nie obserwowano zwiększonego mikroprzecieku szkliwnego po wybielaniu zębów, które wypełniono kompozytem związanym z wykorzystaniem systemu Scotch Bond Multi Purpose oraz iBond. Cavalii i wsp. [12] oceniali wpływ preparatów wybielających zawierających 10% nadtlenek karbamidu bez fluoru i 10% nadtlenek karbamidu z fluorem na zęby wypełnione kompozytem połączonym z twardymi tkankami zęba za pomocą bondu Optibond FL oraz Optibond Solo Plus. Zabieg wybielania przeprowadzano przez 14 dni po 8 h dziennie. Zabieg wybielania był poprzedzony dwugodzinną demineralizacją w roztworze o niskim pH oraz 14-godzinną remineralizacją w roztworze remineralizującym. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że wybielanie spowodowało obniżenie siły wiązania bondu ze szkliwem i było to niezależne od obecności fluoru w preparacie. Ponadto stwierdzono mniejszą siłę wiązania bondu ze szkliwem w przypadku, gdy stosowano Optibond Solo Plus niż Optibond FL [12].

U pacjentów poddanych zabiegom wybielania zewnętrznego, obserwowano przypadki nadwrażliwości zębów [13, 17, 23, 29, 31, 48, 49, 54, 55, 65, 75, 76, 77, 85, 86, 88, 96] a także przypadki podrażnienia dziąseł [17, 23, 37, 39, 55, 59, 75, 76, 84, 93]. Powikłania te występowały nawet w przypadku zastosowania preparatów o niskim stężeniu środka wybielającego. Wiśniewski i wsp. [96] zbadali 165 pacjentów którzy stosowali codziennie po 30 min przez 14 dni paski polietylenowe z żelem zawierającym 5,3% nadtlenku wodoru (system Whitestrips). U 18 osób stwierdzono nadwrażliwość zębów już w badaniach wstępnych, po 7 dniach obserwacji u 62 osób, a po 14 dniach u 51 osób. Po 7 dniach 52 badanych zgłaszało dolegliwości ze strony dziąseł, natomiast po upływie 14 dni było to 27 osób [96]. Nieodpowiednie zastosowanie podczas wybielania źródeł grzewczych, może spowodować uraz termiczny miazgi, który może prowadzić do jej obumarcia [100]. W wyniku kontaktu stężonych środków wybielających z tkankami miękkimi, może dojść do ich oparzenia, rozwoju stanu zapalnego, rozległego obrzęku, uszkodzenia naczyń a nawet do rozległej martwicy naskórka [83]. Pojawiające się bóle w stawach skroniowo-żuchwowych, które sygnalizowali pacjenci mogły być związane z wielogodzinnym stosowaniem nakładek, w których znajduje się żel wybielający [17, 75].

Do późnych powikłań autorzy zaliczali m.in. nierównomierny efekt wybielenia w postaci białych plam o nieregularnym kształcie, nietrwałość efektu wybielania, nawrót przebarwienia, zwiększoną podatność szkliwa na przebarwienia, zewnętrzne i wewnętrzne resorpcje tkanek zębów a także erozje szkliwa, abrazje zębiny [17, 23, 27, 44, 59, 67, 75,

78, 83, 94, 95]. Latha i wsp. [57] na podstawie badań *in vitro*, w których stosowali zarówno 16% nadtlenek karbamidu (przez 15 dni po 90 min dziennie) jak i 30% nadtlenek wodoru (przez 4 dni po 15 min dziennie) stwierdzili, że podatność wybielonego szkliwa na przebarwienia ulega zwiększeniu i jest ona wyższa w przypadku wybielania zębów 30% nadtlenkiem wodoru.

Liczne doniesienia i obserwacje dotyczące niekorzystnego wpływu wybielania na zęby jak i tkanki je otaczające, spowodowały, że zaczęto poszukiwać możliwości zapobiegania tym powikłaniom względnie minimalizowania ich efektów. Aby zmniejszyć niektóre skutki uboczne związane bezpośrednio z wybielaniem (np. utratę minerałów ze szkliwa, występowanie nadwrażliwości pozabiegowej), zaczęto stosować preparaty wybielające wzbogacane w dodatkowe składniki mające wspomagać precypitację minerałów do wybielanego szkliwa [16, 18, 32, 44, 76, 95]. Próbowano również stworzyć algorytmy postępowania w przypadku stosowania różnych metod wybielania i związanych z nimi różnymi skutkami ubocznymi. W przypadku wystąpienia nadwrażliwości zębów uważano, że należy skrócić czas kontaktu zębów ze środkiem wybielającym lub zmniejszyć jego ilość. Zalecano także stosowanie środków do znoszenia nadwrażliwości zębiny zawierających np. azotan potasu lub związki fluoru [83]. Bonafé i wsp. [8] stwierdzili, że stosowanie środków zawierających azotan potasu i fluorek sodu do znoszenia nadwrażliwości, jeszcze przed rozpoczęciem procedury wybielania, powodowało zmniejszenie nadwrażliwości w trakcie profesjonalnego wybielania zębów, natomiast nie redukowało nadwrażliwości u pacjentów posiadających wypełnienia. Aby zapobiec spadkowi siły wiązania materiału wiążącego ze szkliwem (spowodowanego zahamowaniem polimeryzacji żywicy przez nadtlenek wodoru lub rodniki tlenowe), proponowano odroczenie wypełniania zębów materiałami złożonymi o 24 h, a nawet do 3 tygodni po zabiegu wybielania [83]. Aby zmniejszyć powikłania wynikające z uszkodzenia struktur szkliwa i uzyskać efekt remineralizacji, zalecano m.in. stosowanie past lub płynów do płukania zawierających fluor oraz bioaktywne szkło. Efekt remineralizacji próbowano osiągnąć zarówno poprzez stosowanie miejscowo preparatów fluorkowych, jak również za pomocą bardziej złożonych produktów np. Tooth Mousse i Toothmin Tooth Cream, stosowanych w trakcie wybielania jak i po jego zakończeniu [11, 40, 68, 92, 95]. Uzyskane wyniki nie w każdym przypadku były zadawalające [83].

Podsumowanie

Na podstawie dostępnego piśmiennictwa można stwierdzić, że wprawdzie wybielanie zębów było przedmiotem wielu badań, również w aspekcie występowania skutków ubocznych, to jednak niewiele prac dotyczyło zmian w podatności wybielanego szkliwa na

demineralizację. Jednocześnie część badaczy obserwowała podczas wybielania istotne zmiany zachodzące na poziomie strukturalnym szkliwa (m.in. spadek mikrotwardości szkliwa, wzrost szorstkości i porowatości szkliwa, spadek gęstości optycznej szkliwa, utratę grup fosforowych i jonów wapnia z powierzchni szkliwa, spadek ilości składników mineralnych w szkliwie, niewielkie erozje szkliwa związane z nieznacznym wytrawieniem rdzenia pryzmatu i jego obrzeża), które mogłyby w sposób istotny wpływać na odporność szkliwa na działanie kwasów. Jest to problem szczególnie istotny, ponieważ zmniejszenie odporności szkliwa na działanie kwasów stwarza niebezpieczeństwo, że w kontakcie ze środowiskiem jamy ustnej będzie dochodziło do wzmożonej utraty szkliwa na skutek postępujących procesów erozji, atrycji, abrazji i abfrakcji. Dlatego też wskazane byłoby przeprowadzenie dalszych badań pozwalających ocenić, jak zmienia się podatność szkliwa na działanie kwasów, podczas stosowania różnych metod wybielania z użyciem różnych środków. Wyniki badań można byłoby wykorzystać dla poprawienia bezpieczeństwa stosowania preparatów wybielających.

3 CEL PRACY

Celem pracy było:

1. określenie, jak zmienia się podatność szkliwa zębów na demineralizację w trakcie wielokrotnej i różnoczasowej aplikacji preparatów wybielających zawierających 10% nadtlenek karbamidu, 16% nadtlenek karbamidu i 35% nadtlenek wodoru oraz jaki wpływ na tę podatność ma przechowywanie zębów w roztworze sztucznej śliny,
2. określenie, jak zmienia się podatność na demineralizację wybielonego szkliwa zębów, po szczotkowaniu pastami zawierającymi fluor.

4 MATERIAŁ I METODY BADAŃ

4.1 Materiał badawczy

Materiał badawczy stanowiło 100 zębów stałych z nieuszkodzoną koroną, usuniętych ze wskazań lekarskich, które po uprzednim odkażeniu zostały oczyszczone z włókien ozębnej i wysterylizowane w autoklawie w temp. 121°C. W każdym z zębów wybrano tylko jedną powierzchnię, na której wyznaczono miejsce do przeprowadzenia badań. Była to powierzchnia szkliwa o średnicy 3 mm, otoczona delikatnym rowkiem wykonanym wiertłem diamentowym w kształcie małej kulki o kodzie zielonym.

Badaniami objęto 35 zębów siecznych, 10 kłów, 15 zębów przedtrzonowych i 40 zębów trzonowych. Szczegółowe dane dotyczące całego materiału badawczego przedstawiono w tab. 2.

Tabela 2. Zestawienie danych dotyczących badanych zębów stałych
Table 2. Information about tested permanent teeth

Zęby Teeth	Liczba badanychzębów Number of examined teeth	Powierzchnie zębów Surfaces of teeth	Liczba badanych powierzchni Number of examined surfaces
Siekacze dolne boczne Lower lateral incisors	29	wargowe labial	26
		językowe lingual	3
Siekacze górne boczne Upper lateral incisors	1	wargowe labial	1
Siekacze górne przyśrodkowe Upper central incisors	3	wargowe labial	3
Sieczne dolne przyśrodkowe Lower central incisors	2	wargowe labial	2
Kły górne Upper canines	7	wargowe labial	7
Kły dolne Lower canines	3	wargowe labial	3
Przedtrzonowe pierwsze górne First upper premolars	3	policzkowe buccal	3
Przedtrzonowe pierwsze dolne First lower premolars	7	policzkowe buccal	6
		językowe lingual	1
Przedtrzonowe drugie dolne Second lower premolars	4	policzkowe buccal	4
Trzonowe pierwsze dolne First lower molars	4	policzkowe buccal	2
		językowe lingual	2
Trzonowe drugie dolne Second lower molars	3	językowe lingual	3
Trzonowe trzecie dolne Third lower molars	22	policzkowe buccal	4

		mezjalne mesial	3
		językowe lingual	12
		dystalne distal	3
Trzonowe trzecie górne Third upper molars	12	policzkowe buccal	3
		mezjalne mesial	3
		podniebienne palatinal	5
		dystalne distal	1
Ogółem All together	100	----------	100

4.2 Preparaty wybielające zastosowane w badaniach

W badaniach wykorzystano 3 preparaty stosowane do wybielania zewnętrznego zębów: **Opalescence PF 10** (zawierający 10% nadtlenek karbamidu), **Opalescence PF 16** (zawierający 16% nadtlenek karbamidu) oraz **Bianco Professional** (zawierający 35% nadtlenek wodoru).

- **Opalescence PF 10 (Ultradent, USA)**, preparat mający postać lepkiego, gęstego, przezroczystego żelu, którego czynnikiem aktywnym jest 10% nadtlenek karbamidu. W skład preparatu wchodzą także: azotan potasu, fluor 0,11% (1100 ppm) oraz 20% wody. Zgodnie z informacją producenta, żel stosuje się w nakładkach przez 8-10 h w nocy, albo w ciągu dnia przez 2-6 h. W zależności od oczekiwanego efektu wybielania, cała procedura obejmuje od trzech do dziesięciu aplikacji żelu wybielającego. Preparat służy do wybielania zębów w warunkach domowych [13, 14, 30, 33, 34, 44, 46, 52, 57, 61, 78, 92].
- **Opalescence PF 16 (Ultradent, USA)**, preparat mający postać lepkiego, gęstego, przezroczystego żelu, którego czynnikiem aktywnym jest 16% nadtlenek karbamidu. W skład preparatu wchodzą także: azotan potasu, fluor 0,11% (1100 ppm) oraz 20% wody. Zgodnie z informacją producenta, żel stosuje się w nakładkach w ciągu dnia przez 4-6 h, albo w ciągu nocy przez 8-10 h. W zależności od oczekiwanego efektu wybielania, cała procedura obejmuje od trzech do dziesięciu aplikacji żelu wybielającego. Preparat służy do wybielania zębów w warunkach domowych [13, 14, 30, 34, 44, 46, 52, 57, 61, 78, 92].
- **Bianco Professional (Molteni Dental, Włochy)**, preparat mający postać żelu, którego czynnikiem aktywnym jest 35% nadtlenek wodoru. W skład preparatu wchodzą także:

kwas winowy, EDTA, karboksymetyloceluloza, azotan potasu, wodorotlenek sodu oraz gliceryna. Zgodnie z informacją producenta, preparat może być stosowany trzykrotnie po 10 min z wykorzystaniem lampy ledowej, polimeryzacyjnej lub lasera (urządzenia te nie powinny pozostawać w kontakcie z zębami dłużej niż 10 s), a także może być stosowany samodzielnie bez lampy. Preparat nie zawiera w swoim składzie fluoru. Preparat służy do wybielania profesjonalnego [52, 53, 71].

4.3 Preparaty remineralizujące zastosowane w badaniach

Do remineralizacji szkliwa, którą przeprowadzano po zakończeniu procedury wybielania zewnętrznego zębów, zastosowano następujące dwa preparaty:

- **pastę Duraphat® 5000 (Colgate)**, zawierającą w 1 g (zgodnie z informacją producenta) 5 mg fluoru w postaci fluorku sodu, co odpowiada 5000 ppm fluoru. Preparat zawiera ponadto benzoesan sodu, który może powodować łagodne podrażnienia skóry, oczu i śluzówek. Pasta zalecana jest w profilaktyce przeciwpróchnicowej dla pacjentów powyżej 16 roku życia z wysokim ryzykiem próchnicy korony i/lub korzenia, w tym posiadających korony i rozległe mosty protetyczne, aparaty ortodontyczne, odsłoniętą po zabiegu skalingu i rootplanningu korzenia zębinę oraz u pacjentów z przewlekłą suchością jamy ustnej. Preparatu nie zaleca się stosować u dzieci i młodzieży poniżej 16 roku życia, ze względu na dużą ilość fluoru zawartą w paście. Przy codziennym szczotkowaniu zębów fluor zawarty w paście ogranicza procesy demineralizacji i wspomaga remineralizację. Zaleca się, aby przed każdym czyszczeniem zębów na szczoteczkę nałożyć ok. 2 cm pasty (2 cm pasty wyciśniętej z tuby zawiera 5 mg fluoru). Zęby należy czyścić przynajmniej przez 3 miesiące, 3 razy dziennie po 3 minuty. Przed zastosowaniem tego preparatu wskazana jest konsultacja u stomatologa. W przypadku podaży fluoru z kilku źródeł, preparaty te mogą prowadzić do fluorozy, w związku z czym podczas stosowania pasty Duraphat® 5000 należy unikać przyjmowania tabletek zawierających fluor, kropli, gumy do żucia, żeli, lakierów oraz fluorowanej wody lub soli. Podczas stosowania należy unikać połykania pasty [92, 97].
- **pastę Sensodyne® Odbudowa i Ochrona (GSK)**, zawierającą (według informacji producenta) Glycerin, PEG-8, Silica, Calcium Sodium Phosphosilicate (NovaMin), Cocamidopropyl Betaine, Sodium Methyl Cocoyl Taurate, Sodium Monofluorophosphate (1450 ppm fluoru), Aroma, Titanium Dioxide, Carbomer, Sodium Saccharin, Limonene. Zawarty w preparacie składnik NovaMin, stanowi

unikalną formułę opartą na fosforanie wapnia, która wykorzystuje taki sam bioaktywny materiał, jaki jest używany w najnowocześniejszych badaniach naukowych dotyczących regeneracji tkanki kostnej. NovaMin® aktywuje się w kontakcie ze śliną i uwalnia jony wapnia i fosforu. Tworzą one trwałą, mineralną warstwę ochronną na powierzchni odsłoniętej zębiny i wewnątrz otwartych kanalików zębinowych. Warstwa ochronna silnie wiąże się z kolagenem w zębinie. Warstwa ta zaczyna tworzyć się już od pierwszego szczotkowania i utwardza się w trakcie regularnego stosowania pasty, dzięki czemu zapobiega bólowi wywołanemu nadwrażliwością w przyszłości. Udowodniono, że warstwa ochronna jest odporna na codzienne działanie szkodliwych czynników w jamie ustnej tj. odporność na ścieranie szczoteczką do zębów oraz na oddziaływanie czynników pokarmowych. Pasta przeciwdziała próchnicy. Zgodnie informacją producenta pastę należy stosować dwa, maksymalnie do trzech razy dziennie. Podczas stosowania należy unikać połykania, wypluwając pastę. Pasty nie należy stosować u dzieci poniżej 12 roku życia [2, 10, 56, 58, 74].

4.4 Sposób przeprowadzania badań

Na potrzeby badań, 100 zębów stanowiących materiał badawczy, podzielono na 5 grup. W skład każdej grupy wchodziło 20 zębów, w tym 7 zębów siecznych, 2 kły, 3 zęby przedtrzonowe i 8 zębów trzonowych. Podział zębów na grupy był związany z rodzajem i stężeniem zastosowanego preparatu do wybielania oraz czasem i wielokrotnością jego aplikacji.

Grupę I stanowiło 20 zębów poddanych wybielaniu 10% nadtlenku karbamidu 10-krotnie, każdorazowo przez 10 h. **Grupę II** stanowiło 20 zębów poddanych wybielaniu 16% nadtlenku karbamidu 10-krotnie, każdorazowo przez 10 h. **Grupę III** stanowiło 20 zębów poddanych wybielaniu 10% nadtlenku karbamidu 3-krotnie, każdorazowo przez 2 h. **Grupę IV** stanowiło 20 zębów poddanych wybielaniu 16% nadtlenku karbamidu 3-krotnie, każdorazowo przez 4 h. **Grupę V** stanowiło 20 zębów poddanych wybielaniu 35% nadtlenku wodoru 3-krotnie, każdorazowo przez 10 minut.

Przed rozpoczęciem badań, wszystkie zęby były przechowywane przez okres 24 h w roztworze sztucznej śliny (pH 6,7) o składzie: 0,1 l 25mM KH_2PO_4, 0,1 l 24mM Na_2HPO_4, 0,1 l 150mM $KHCO_3$, 0,1 l 100mM NaCl, 0,1 l 1,5mM $MgCl_2$, 0,1 l 15mM $CaCl_2$, 0,006 l 25mM cytrynianu sodowego [2, 20, 42, 43, 44, 87]. Po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny, przed rozpoczęciem procedury wybielania, zbadano podatność szkliwa na demineralizację wykonując test CRT-K-1 (test kontrolny).

Żel wybielający (zawierający 10% nadtlenek karbamidu, 16% nadtlenek karbamidu lub 35% nadtlenek wodoru), aplikowano na 100 wcześniej wybranych powierzchni zębów. Czas kontaktu danego preparatu z powierzchnią szkliwa pokrywał się z czasem zalecanym przez producenta. W czasie wybielania zęby były umieszczone pod przykryciem w temperaturze pokojowej, w warunkach zapewniających utrzymanie wilgotności i zacienienia. Po zabiegu wybielania, preparat spłukiwano wodą destylowaną, zęby osuszano dmuchawką ręczną i wykonywano test CRT-W. Następnie, po opłukaniu wodą destylowaną i osuszeniu, zęby ponownie umieszczano w roztworze sztucznej śliny na określony dla danej grupy zębów czas, po upływie którego zęby wyjmowano, opłukiwano wodą destylowaną, osuszano i wykonywano test CRT-S. Opisane powyżej procedury wybielania i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny oraz wykonywania testów CRT-W i CRT-S wykonano dziesięciokrotnie w przypadku Grupy I i II oraz trzykrotnie w przypadku Grupy III, IV i V.

Po zakończeniu procedur wybielania, wszystkie zęby poddano zabiegom remineralizacji polegającym na szczotkowaniu powierzchni szkliwa pastą Duraphat® 5000 (50% zębów) i Sensodyne® (50% zębów) przez 7 dni 2 razy dziennie po 2 minuty. Pierwszy test CRT-R wykonano po pierwszym zabiegu remineralizacji. Po wykonaniu tego testu, zęby opłukano wodą destylowaną, osuszono i umieszczono w roztworze sztucznej śliny na 11 h. Procedurę szczotkowania wykonano 14-krotnie. Każdorazowo, pomiędzy kolejnymi zabiegami szczotkowania, zęby były przechowywane przez 11 h w roztworze sztucznej śliny. Po ostatnim 14. zabiegu remineralizacji, zęby opłukano wodą destylowaną, osuszono i wykonano drugi test CRT-R.

Badanie podatności szkliwa na demineralizację

Podatność szkliwa na demineralizację badano za pomocą testu CRT (*Colour Reaction Time*). Na krążek bibuły filtracyjnej o średnicy 2 mm (uprzednio nasączony wodnym roztworem 0,02% fioletu krystalicznego i osuszony), aplikowano 1,5 µl 1N roztworu HCl. Żółto-zielony krążek umieszczano na wybranej powierzchni zęba i mierzono czas (s) zmiany zabarwienia krążka na kolor fioletowo-niebieski. Czas zmiany zabarwienia odzwierciedlał stopień wrażliwości szkliwa na działanie kwasu – im czas ten był krótszy, tym szkliwo było bardziej podatne na demineralizację [4, 40, 42, 43, 44, 69, 79, 87].

Wykonane testy CRT

Ogółem wykonano 1460 testów CRT, w tym: 100 testów CRT-K-1, 580 testów CRT-W, 580 testów CRT-S oraz 200 testów CRT-R.

Test CRT-K-1 był testem kontrolnym, który wykonano po 24-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem doświadczenia.

Test CRT-W-n był testem wykonywanym każdorazowo po aplikacji preparatu wybielającego. **Test CRT-S-n** był testem wykonywanym każdorazowo po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny. **Testy CRT-R-8/22** były testami wykonanymi po pierwszym zabiegu remineralizacji (w przypadku Grupy III, IV i V były to testy CRT-R-8, w przypadku Grupy I i II testy CRT-R-22). **Testy CRT-R-9/23** były testami wykonanymi po 14. zabiegu remineralizacji (w przypadku Grupy III, IV i V były to testy CRT-R-9, w przypadku Grupy I i II testy CRT-R-23).
Badania przeprowadzono w laboratorium Katedry i Zakładu Stomatologii Zachowawczej GUMed.

4.4.1 Procedura badania podatności szkliwa na demineralizację w przypadku dziesięciokrotnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu każdorazowo przez 10 godzin, z uwzględnieniem zastosowanej remineralizacji (Grupa I; n=20 zębów)

Przed rozpoczęciem doświadczenia, zęby przechowywano przez 24 h w roztworze sztucznej śliny w miejscu zacienionym w temperaturze pokojowej. Po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny spłukiwano je wodą destylowaną, osuszano dmuchawką ręczną i wykonywano test CRT-K-1 na wyznaczonym obszarze powierzchni zęba. Następnie zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i aplikowano na wyznaczoną powierzchnię 10% nadtlenek karbamidu. Po 10 h wybielania, zęby spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i wykonywano test CRT-W. Następnie zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i umieszczano w roztworze sztucznej śliny na 14 h. Po wyjęciu z roztworu sztucznej śliny, zęby spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i wykonywano test CRT-S. Po wykonaniu testu, zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i ponownie aplikowano 10% nadtlenek karbamidu na wyznaczony obszar powierzchni na
10 h. Ogółem procedurę wybielania i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny oraz wykonywania testów CRT-W i CRT-S przeprowadzono dziesięciokrotnie.

Po wykonaniu testu CRT-S-21, spłukaniu zębów wodą destylowaną i osuszeniu, rozpoczynano procedurę remineralizacji polegającą na szczotkowaniu 10 zębów pastą Duraphat® 5000 oraz 10 zębów pastą Sensodyne®. Procedurę szczotkowania przeprowadzano 2 razy dziennie po 2 min przez 7 dni – w sumie wykonano 14 zabiegów remineralizacji. Po każdym 2-minutowym szczotkowaniu, zęby były opłukiwane z pasty wodą destylowaną i osuszane dmuchawką, a następnie umieszczano je w roztworze sztucznej śliny na 11 h. Test CRT-R przeprowadzono dwukrotnie: po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT-R-22) i po 14. zabiegu remineralizacji (CRT-R-23).

Dokładny schemat całego doświadczenia przedstawiono w tab. 3.

Tabela 3. Schemat doświadczenia i kolejność wykonywania testów CRT podczas aplikacji 10% nadtlenku karbamidu, przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny i zabiegów remineralizacji
Table 3. Experimental design and order of CRT test performing during 10% carbamide peroxide application, teeth exposure to artificial saliva and remineralization procedure

Nr kolejnego etapu badania No. the next stage of the study	Czas (h) przechowywania zębów wroztworze sztucznej śliny Time (h) teeth exposure to artificial saliva	Wykonanie testu CRT-K-1 i kolejnych testów CRT-S po wyjęciu zębów zroztworu sztucznej śliny Performance test CRT-K-1 and next tests CRT-S afterremove teeth from artificial saliva	Czas (h) kontaktu 10% nadtlenku karbamidu z powierzchnią zębów Time (h) of application 10% carbamide peroxide	Wykonanie kolejnych testów CRT-W po usunięciu preparatu z powierzchni zębów Performance next test CRT-W after remove preparation from teeth surface
1	24	CRT-K-1	10	CRT-W-2
2	14	CRT-S-3	10	CRT-W-4
3	14	CRT-S-5	10	CRT-W-6
4	14	CRT-S-7	10	CRT-W-8
5	14	CRT-S-9	10	CRT-W-10
6	14	CRT-S-11	10	CRT-W-12
7	14	CRT-S-13	10	CRT-W-14
8	14	CRT-S-15	10	CRT-W-16
9	14	CRT-S-17	10	CRT-W-18
10	14	CRT-S-19	10	CRT-W-20
11	14	CRT-S-21	Czas (min) zabiegu remineralizacji Time (min) of remineralization	Wykonanie kolejnych testów CRT-R w trakcie remineralizacji Performance next tests CRT-R during remineralization
			2	CRT-R-22
12	11	-	2	-
13	11	-	2	-
14	11	-	2	-
15	11	-	2	-
16	11	-	2	-
17	11	-	2	-
18	11	-	2	-
19	11	-	2	-
20	11	-	2	-
21	11	-	2	-
22	11	-	2	-
23	11	-	2	-
24	11	-	2	CRT-R-23

CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20: testy CRT wykonane każdorazowo po 10-godzinnej aplikacji preparatu wybielającego (CRT tests performed each after 10 h application of bleaching preparations)
CRT-3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21: testy CRT wykonane każdorazowo po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT tests performed each after 14 h teeth exposure to artificial saliva)
CRT-R-22: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)
CRT-R-23: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)

4.4.2 Procedura badania podatności szkliwa na demineralizację w przypadku dziesięciokrotnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu każdorazowo przez 10 godzin, z uwzględnieniem zastosowanej remineralizacji (Grupa II; n=20 zębów)

Przed rozpoczęciem doświadczenia, zęby przechowywano przez 24 h w roztworze sztucznej śliny w miejscu zacienionym w temperaturze pokojowej. Po wyjęciu z roztworu sztucznej śliny zębyspłukiwano wodą destylowaną, osuszano dmuchawką ręczną i wykonywano test CRT-K-1 na wyznaczonym obszarze powierzchni zęba. Następnie zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i aplikowano na wyznaczoną powierzchnię 16% nadtlenek karbamidu. Po 10 h wybielania, zęby spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i wykonywano test CRT-W. Następnie zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i umieszczano w roztworze sztucznej śliny na 14 h. Po wyjęciu z roztworu sztucznej śliny, zęby spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i wykonywano test CRT-S. Po wykonaniu testu, zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i ponownie aplikowano 16% nadtlenek karbamidu na wyznaczony obszar powierzchni na
10 h. Ogółem procedurę wybielania i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny oraz wykonywania testów CRT-W i CRT-S przeprowadzono dziesięciokrotnie.

Po wykonaniu testu CRT-S-21, spłukaniu zębów wodą destylowaną i osuszeniu, rozpoczynano procedurę remineralizacji polegającą na szczotkowaniu 10 zębów pastą Duraphat® 5000 oraz 10 zębów pastą Sensodyne®. Procedurę szczotkowania przeprowadzano 2 razy dziennie po 2 min przez 7 dni - w sumie wykonano 14 zabiegów remineralizacji.

Po każdym 2-minutowym szczotkowaniu, zęby były opłukiwane z pasty wodą destylowaną i osuszane dmuchawką, a następnie umieszczano je w roztworze sztucznej śliny na 11 h. Test CRT-R przeprowadzono dwukrotnie: po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT-R-22) i po 14. zabiegu remineralizacji (CRT-R-23). Dokładny schemat całego doświadczenia przedstawiono w tab. 4.

Tabela 4. Schemat doświadczenia i kolejność wykonywania testów CRT w przypadku aplikacji 16% nadtlenku karbamidu, przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny i zabiegów remineralizacji
Table 4. Experimental design and order of CRT test performing during 16% carbamide peroxide application, teeth exposure to artificial saliva and remineralization procedure

Nr kolejnego etapu badania No. the next stage of the study	Czas (h) przechowywania zębów wroztworze sztucznej śliny Time (h) teeth exposure to artificial saliva	Wykonanie testu CRT-K-1 i kolejnych testów CRT-S po wyjęciu zębów zroztworu sztucznej śliny Performance test CRT-K-1 and next tests CRT-S after remove teeth from artificial saliva	Czas (h) kontaktu 16% nadtlenku karbamidu z powierzchnią zębów Time (h) of application 16% carbamide peroxide	Wykonanie kolejnych testów CRT-W po usunięciu preparatu z powierzchni zębów Performance next test CRT-W after remove preparation from teeth surface
1	24	CRT-K-1	10	CRT-W-2
2	14	CRT-S-3	10	CRT-W-4
3	14	CRT-S-5	10	CRT-W-6
4	14	CRT-S-7	10	CRT-W-8
5	14	CRT-S-9	10	CRT-W-10
6	14	CRT-S-11	10	CRT-W-12
7	14	CRT-S-13	10	CRT-W-14
8	14	CRT-S-15	10	CRT-W-16
9	14	CRT-S-17	10	CRT-W-18
10	14	CRT-S-19	10	CRT-W-20
11	14	CRT-S-21	Czas (min) zabiegu remineralizacji Time (min) of remineralization	Wykonanie kolejnych testów CRT-R w trakcie remineralizacji Performance next tests CRT-R during remineralization
			2	CRT-R-22
12	11	-	2	-
13	11	-	2	-
14	11	-	2	-
15	11	-	2	-
16	11	-	2	-
17	11	-	2	-
18	11	-	2	-
19	11	-	2	-
20	11	-	2	-
21	11	-	2	-
22	11	-	2	-
23	11	-	2	-
24	11	-	2	CRT-R-23

CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem wybielania(control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20: testy CRT wykonane każdorazowo po 10-godzinnej aplikacji preparatu wybielającego (CRT tests performed each after 10 h application of bleaching preparations)
CRT-3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21: testy CRT wykonane każdorazowo po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT tests performed each after 14 h teeth exposure to artificial saliva)
CRT-R-22: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)
CRT-R-23: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)

4.4.3 Procedura badania podatności szkliwa na demineralizację w przypadku trzykrotnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu każdorazowo przez 2 godziny, z uwzględnieniem zastosowanej remineralizacji (Grupa III; n=20 zębów)

Przed rozpoczęciem doświadczenia, zęby przechowywano przez 24 h w roztworze sztucznej śliny w miejscu zacienionym w temperaturze pokojowej. Po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny spłukiwano je wodą destylowaną, osuszano dmuchawką ręczną i wykonywano test CRT-K-1 na wyznaczonym obszarze powierzchni zęba. Następnie zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i aplikowano 10% nadtlenek karbamidu na wyznaczoną powierzchnię. Po 2 h wybielania, zęby spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i wykonywano test CRT-W. Następnie zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i umieszczano w roztworze sztucznej śliny na 22 h. Po wyjęciu z roztworu sztucznej śliny, zęby spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i wykonywano test CRT-S. Po wykonaniu testu, zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i ponownie nakładano 10% nadtlenek karbamidu na wyznaczony obszar powierzchni na 2 h. Ogółem procedurę wybielania i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny oraz wykonywania testów CRT-W i CRT-S przeprowadzono trzykrotnie.

Po wykonaniu testu CRT-S-7, spłukaniu zębów wodą destylowaną i osuszeniu, rozpoczynano procedurę remineralizacji polegającą na szczotkowaniu 10 zębów pastą Duraphat® 5000 oraz 10 zębów pastą Sensodyne®. Procedurę szczotkowania przeprowadzano 2 razy dziennie po 2 min przez 7 dni - w sumie wykonano 14 zabiegów remineralizacji. Po każdym 2-minutowym szczotkowaniu, zęby były opłukiwane z pasty wodą destylowaną i osuszane dmuchawką, a następnie umieszczano je w roztworze sztucznej śliny na 11 h. Test CRT-R przeprowadzono dwukrotnie: po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT-R-8) i po 14. zabiegu remineralizacji (CRT-R-9). Dokładny schemat całego doświadczenia przedstawiono w tab. 5.

Tabela 5. Schemat doświadczenia i kolejność wykonywania testów CRT podczas aplikacji 10% nadtlenku karbamidu, przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny i zabiegów remineralizacji
Table 5. Experimental design and order of CRT test performing during 10% carbamide peroxide application, teeth exposure to artificial saliva and remineralization procedure

Nr kolejnego etapu badania No. the next stage of the study	Czas (h) przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny Time (h) of exposure of teeth to artificial saliva	Wykonanie testu CRT-K-1 i kolejnych testów CRT-S po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny Performance test CRT-K-1 and next tests CRT-S after remove teeth from artificial saliva	Czas (h) kontaktu 10% nadtlenku karbamidu z powierzchnią zębów Time (h) of application 10% carbamide peroxide	Wykonanie kolejnych testów CRT-W po usunięciu preparatu z powierzchni zębów Performance next test CRT-W after remove preparation from teeth surface
1	24	CRT-K-1	2	CRT-W-2
2	22	CRT-S-3	2	CRT-W-4
3	22	CRT-S-5	2	CRT-W-6
4	22	CRT-S-7	Czas (min) zabiegu remineralizacji Time (min) of remineralization	Wykonanie kolejnych testów CRT-R w trakcie remineralizacji Performance next tests CRT-R during remineralization
			2	CRT-R-8
5	11	-	2	-
6	11	-	2	-
7	11	-	2	-
8	11	-	2	-
9	11	-	2	-
10	11	-	2	-
11	11	-	2	-
12	11	-	2	-
13	11	-	2	-
14	11	-	2	-
15	11	-	2	-
16	11	-	2	-
17	11	-	2	CRT-R-9

CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-2, 4, 6: testy CRT wykonane każdorazowo po 2-godzinnej aplikacji preparatu wybielającego (CRT tests performed each after 2 h application of bleaching preparations)
CRT-3, 5, 7: testy CRT wykonane każdorazowo po 22 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT tests performed each after 22 h teeth exposure to artificial saliva)
CRT-R-8: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)
CRT-R-9: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)

4.4.4 Procedura badania podatności szkliwa na demineralizację w przypadku trzykrotnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu każdorazowo przez 4 godziny, z uwzględnieniem zastosowanej remineralizacji (Grupa IV; n=20 zębów)

Przed rozpoczęciem doświadczenia, zęby przechowywano przez 24 h w roztworze sztucznej śliny w miejscu zacienionym w temperaturze pokojowej. Po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny spłukiwano je wodą destylowaną, osuszano dmuchawką ręczną i wykonywano test CRT-K-1 na wyznaczonym obszarze powierzchni zęba. Następnie zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i aplikowano 16% nadtlenek karbamidu na wyznaczoną powierzchnię. Po 4 h wybielania, zęby spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i wykonywano test CRT-W. Następnie zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i umieszczano w roztworze sztucznej śliny na 18 h. Po wyjęciu z roztworu sztucznej śliny, zęby spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i wykonywano test CRT-S. Po wykonaniu testu, zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i ponownie aplikowano 16% nadtlenek karbamidu na wyznaczony obszar powierzchni na 4 h. Ogółem procedurę wybielania i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny oraz wykonywania testów CRT-W i CRT-S przeprowadzono trzykrotnie.

Po wykonaniu testu CRT-S-7, spłukaniu zębów wodą destylowaną i osuszeniu, rozpoczynano procedurę remineralizacji polegającą na szczotkowaniu 10 zębów pastą Duraphat®5000 oraz 10 zębów pastą Sensodyne®. Procedurę szczotkowania przeprowadzano 2 razy dziennie po 2 min przez 7 dni - w sumie wykonano 14 zabiegów remineralizacji. Po każdym 2-minutowym szczotkowaniu, zęby były opłukiwane z pasty wodą destylowaną i osuszane dmuchawką, a następnie umieszczano je w roztworze sztucznej śliny na 11 h. Test CRT-R przeprowadzono dwukrotnie: po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT-R-8) i po 14. zabiegu remineralizacji (CRT-R-9).
Dokładny schemat całego doświadczenia przedstawiono w tab. 6.

Tabela 6. Schemat doświadczenia i kolejność wykonywania testów CRT podczas aplikacji 16% nadtlenku karbamidu, przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny i zabiegów remineralizacji
Table 6. Experimental design and order of CRT test performing during 16% carbamide peroxide application, teeth exposure to artificial saliva and remineralization procedure

Nr kolejnego etapu badania No. the next stage of the study	Czas (h) przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny Time (h) teeth exposure to artificial saliva	Wykonanie testu CRT-K-1 i kolejnych testów CRT-S po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny Performance test CRT-K-1 and next tests CRT-S after remove teeth fromartificial saliva	Czas (h) kontaktu 16% nadtlenku karbamidu z powierzchnią zębów Time (h) of application 16% carbamide peroxide	Wykonanie kolejnych testów CRT-W po usunięciu preparatu z powierzchni zębów Performance next test CRT-W after remove preparation from teeth surface
1	24	CRT-K-1	4	CRT-W-2
2	18	CRT-S-3	4	CRT-W-4
3	18	CRT-S-5	4	CRT-W-6
4	18	CRT-S-7	Czas (min) zabiegu remineralizacji Time (min) of remineralization	Wykonanie kolejnych testów CRT-R w trakcie remineralizacji Performance next tests CRT-R during remineralization
			2	CRT-R-8
5	11	-	2	-
6	11	-	2	-
7	11	-	2	-
8	11	-	2	-
9	11	-	2	-
10	11	-	2	-
11	11	-	2	-
12	11	-	2	-
13	11	-	2	-
14	11	-	2	-
15	11	-	2	-
16	11	-	2	-
17	11	-	2	CRT-R-9

CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-2, 4, 6: testy CRT wykonane każdorazowo po 4-godzinnej aplikacji preparatu wybielającego (CRT tests performed each after 4 h application of bleaching preparations)
CRT-S-3, 5, 7: testy CRT wykonane każdorazowo po 18 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT tests performed each after 18 h teeth exposure to artificial saliva)
CRT-R-8: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)
CRT-R-9: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)

4.4.5 Procedura badania podatności szkliwa na demineralizację w przypadku trzykrotnej aplikacji 35% nadtlenku wodoru każdorazowo przez 10 minut, z uwzględnieniem zastosowanej remineralizacji (Grupa V; n=20 zębów)

Przed rozpoczęciem doświadczenia, zęby przechowywano przez 24 h w roztworze sztucznej śliny w miejscu zacienionym w temperaturze pokojowej. Po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny spłukiwano je wodą destylowaną, osuszano dmuchawką ręczną i wykonywano test CRT-K-1 na wyznaczonym obszarze powierzchni zęba. Następnie zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i aplikowano 35% nadtlenek wodoru na wyznaczoną powierzchnię. Po 10 min wybielania, zęby spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i wykonywano test CRT-W. Następnie zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i umieszczano w roztworze sztucznej śliny na 20 h. Po wyjęciu z roztworu sztucznej śliny, zęby spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i wykonywano test CRT-S. Po wykonaniu testu, zęby ponownie spłukiwano wodą destylowaną, osuszano i ponownie aplikowano 35% nadtlenek wodoru na wyznaczony obszar powierzchni na 10 minut. Ogółem procedurę wybielania i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny oraz wykonywania testów CRT-W i CRT-S przeprowadzono trzykrotnie.

Po wykonaniu testu CRT-S-7, spłukaniu zębów wodą destylowaną i osuszeniu, rozpoczynano procedurę remineralizacji polegającą na szczotkowaniu 10 zębów pastą Duraphat® 5000 oraz 10 zębów pastą Sensodyne®. Procedurę szczotkowania przeprowadzano 2 razy dziennie po 2 min przez 7 dni - w sumie wykonano 14 zabiegów remineralizacji. Po każdym 2-minutowym szczotkowaniu, zęby były opłukiwane z pasty wodą destylowaną i osuszane dmuchawką, a następnie umieszczano je w roztworze sztucznej śliny na 11 h. Test CRT-R przeprowadzono dwukrotnie: po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT-R-8) i po 14. zabiegu remineralizacji (CRT-R-9).
Dokładny schemat całego doświadczenia przedstawiono w tab. 7.

Tabela 7. Schemat doświadczenia i kolejność wykonywania testów CRT podczas aplikacji 35% nadtlenku wodoru, przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny i zabiegów remineralizacji
Table 7. Experimental design and order of CRT test performing during 35% hydrogen peroxide application teeth exposure to artificial saliva and remineralization procedure

Nr kolejnego etapu badania No. the next stage of the study	Czas (h) przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny Time (h) teeth exposure to artificial saliva	Wykonanie testu CRT-K-1 i kolejnych testów CRT-S po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny Performance test CRT-K-1 and next tests CRT-S after remove teeth from artificial saliva	Czas (min) kontaktu 35% nadtlenku wodoru z powierzchnią zębów Time (min) of application 35% hydrogen peroxide	Wykonanie kolejnych testów CRT-W po usunięciu preparatu z powierzchni zębów Performance next test CRT-W after remove preparation from teeth surface
1	24	CRT-K-1	10	CRT-W-2
2	20	CRT-S-3	10	CRT-W-4
3	20	CRT-S-5	10	CRT-W-6
4	20	CRT-S-7	Czas (min) zabiegu remineralizacji Time (min) of remineralization	Wykonanie kolejnych testów CRT-R w trakcie remineralizacji Performance next tests CRT-R during remineralization
			2	CRT-R-8
5	11	-	2	-
6	11	-	2	-
7	11	-	2	-
8	11	-	2	-
9	11	-	2	-
10	11	-	2	-
11	11	-	2	-
12	11	-	2	-
13	11	-	2	-
14	11	-	2	-
15	11	-	2	-
16	11	-	2	-
17	11	-	2	CRT-R-9

CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-2, 4, 6: testy CRT wykonane każdorazowo po 10-minutowej aplikacji preparatu wybielającego (CRT tests performed each after 10 minutes application of bleaching preparations)
CRT-S-3, 5, 7: testy CRT wykonane każdorazowo po 20 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT tests performed each after 20 h teeth exposure to artificial saliva)
CRT-R-8: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)
CRT-R-9: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)

4.5 Analiza statystyczna

Obliczenia statystyczne zostały przeprowadzone przy użyciu programu Microsoft Office Excel (2007). Obliczono średnią arytmetyczną ($\bar{x}$), odchylenie standardowe (SD), wartości minimalne (min) i maksymalne (max). Istotność różnic oceniano testem t-Studenta dla wartości zależnych. We wszystkich obliczeniach za poziom istotności przyjęto $p<0,05$.

5 WYNIKI

Uzyskane wyniki badań dotyczące zmian zachodzących w podatności szkliwa na demineralizację w wyniku ekspozycji na preparaty wybielające, roztwór sztucznej śliny i preparaty remineralizujące przedstawiono w 11 tabelach (tab. 8-18) i 25 rycinach (ryc. 1-25). Podatność szkliwa na demineralizację oceniano na podstawie wyników testów CRT, za pomocą których określano czas (s) potrzebny do demineralizacji badanego szkliwa. Testy CRT wykonano przed rozpoczęciem wybielania, po każdorazowej aplikacji preparatu wybielającego, po każdorazowym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny a także po pierwszym i po 7. dniu prowadzenia zabiegów remineralizacyjnych. Ogółem wykonano 1460 testów CRT, w tym 100 testów CRT kontrolnych przed rozpoczęciem wybielania, 580 testów CRT w trakcie wybielania, 580 testów CRT po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny oraz po 100 testów po pierwszym i po 7. dniu remineralizacji szkliwa.

Analizy wyników dokonano biorąc pod uwagę rodzaj i stężenie zastosowanego środka wybielającego (10% nadtlenek karbamidu, 16% nadtlenek karbamidu, 35% nadtlenek wodoru), czas ekspozycji szkliwa na dany preparat wybielający (10 h, 4 h, 2 h, 10 min) oraz częstotliwość powtarzania zabiegu wybielania (10-krotne lub 3-krotne). W analizie wyników uwzględniono również, czy dany preparat był wzbogacony związkami fluoru (fluor wchodził w skład preparatów zawierających 10% nadtlenek karbamidu lub 16% nadtlenek karbamidu, natomiast preparat zawierający 35% nadtlenek wodoru, nie był wzbogacony fluorem). Oceniono również zmiany zachodzące w podatności szkliwa na demineralizację w wyniku jednokrotnego i 14-krotnego zastosowania pasty Duraphat® 5000 oraz pasty Sensodyne® Odbudowa i Ochrona. Należy zaznaczyć, że zastosowane pasty różniły się m.in. składem (w tym zawartością i postacią fluoru) a także zaleceniami producenta odnośnie wskazań do ich stosowania. Pasta Duraphat® 5000 zawierała fluorek sodu (5000 ppm), natomiast pasta Sensodyne® Odbudowa i Ochrona, zawierała monofluorofosforan sodu (1450 ppm). Analiza wyników objęła także ocenę wpływu na badaną podatność szkliwa, wielogodzinnego (14, 18, 20 lub 22 h) przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny pomiędzy poszczególnymi zabiegami wybielania.

Uzyskane wyniki odnoszono do wartości kontrolnej, którą stanowił czas potrzebny na demineralizację badanego szkliwa przed rozpoczęciem procesów wybielania (CRT-K-1).

5.1 Zestawienie wyników badań dotyczących podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego dziesięciokrotnemu działaniu preparatu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu każdorazowo przez 10 godzin z uwzględnieniem wpływu przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny

W tab. 8 i na ryc. 1 przedstawiono wyniki dotyczące średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) po zastosowaniu 10% nadtlenku karbamidu 10-krotnie (każdorazowo przez 10 h) z uwzględnieniem zmian zachodzących w tej podatności po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny (każdorazowo po 14 h).

Na podstawie danych zawartych w tab. 8 można stwierdzić, że przed rozpoczęciem zabiegów wybielania, średni czas potrzebny na demineralizację badanego szkliwa wynosił 67,4 s, SD=13,4 s (CRT-K-1). Wartość testów CRT-W, wykonanych każdorazowo po zabiegu wybielania była zawsze istotnie statystycznie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1), co świadczyłoby o istotnie wyższej podatności szkliwa na demineralizację po zabiegach wybielania niż przed ich rozpoczęciem. Po pierwszej 10-godzinnej ekspozycji zębów na 10% nadtlenek karbamidu, średnia wartość testu CRT wynosiła 55,3 s, SD=11 s (CRT-W-2), co świadczyło o wzroście podatności szkliwa na demineralizację o 18% w porównaniu do wartości kontrolnej (CRT-K-1). Po drugiej ekspozycji na preparat wybielający, podatność szkliwa na demineralizację była wyższa już o 56,7% (CRT-W-4=29,2 s, SD=8 s) w porównaniu do wartości kontrolnej, po trzeciej ekspozycji podatność ta była wyższa o 59,5% (CRT-W-6=27,3 s, SD=7,9 s), po czwartej o 61,9% (CRT-W-8=25,7 s, SD=8,6 s), po piątej o 68,2% (CRT-W-10=21,4 s, SD=7,7 s), po szóstej o 69,1% (CRT-W-12=20,8 s, SD=7,5 s), po siódmej o 74,8% (CRT-W-14=17,0 s, SD=6,4 s), po ósmej o 77,6% (CRT-W-16=15,1 s, SD=4,1 s), po dziewiątej o 85,2% (CRT-W-18=10 s, SD=3,7 s), a po dziesiątej o 85,9% (CRT-W-20=9,5 s, SD=3,1 s).

Analizując kolejno wartości testów CRT-W, wykonanych po każdej 10-godzinnej aplikacji żelu wybielającego stwierdzono, że ulegały one stopniowemu obniżeniu (co oznaczało wzrost podatności szkliwa na demineralizację), ale nie w każdym przypadku były to różnice istotne statystycznie. Po drugiej aplikacji żelu wybielającego, podatność szkliwa na demineralizację wzrosła o 47,2% w porównaniu do wartości uzyskanej po pierwszej aplikacji preparatu (CRT-W-2 vs CRT-W-4). Występująca różnica była istotna statystycznie. Podobnie różnice istotnie statystycznie stwierdzono pomiędzy wartościami CRT-W uzyskanymi po 4. (CRT-W-8) i po 5. (CRT-W-10) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 16,7%), po 6. (CRT-W-12) i po 7. (CRT-W-14) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 18,3%) oraz po 8. (CRT-W-16) i po 9. (CRT-W-18) zabiegu

wybielania (wzrost podatności szkliwa o 33,8%). Natomiast różnice nie były istotne statystycznie pomiędzy wartościami CRT uzyskanymi po 2. (CRT-W-4) i po 3. (CRT-W-6) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 6,5%), po 3. (CRT-W-6) i po 4. (CRT-W-8) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 5,9%), po 5. (CRT-W-10) i po 6. (CRT-W-12) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 2,8%), po 7. (CRT-W-14) i po 8. (CRT-W-16) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 11,2%) oraz po 9. (CRT-W-18) i po 10. (CRT-W-20) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 5%).

Pomiędzy zabiegami wybielania zęby były przechowywane w roztworze sztucznej śliny każdorazowo przez 14 h. Porównując kolejno wartości testów wykonanych po aplikacji żelu na powierzchnię szkliwa (CRT-W) z wartościami testów wykonanych po 14-godzinnym przechowywaniu w roztworze sztucznej śliny (CRT-S) można stwierdzić, że istotne statystycznie różnice występowały pomiędzy wartościami CRT-W-4 a CRT-S-5 (29,2 s, SD=8 s vs. 39,5 s, SD=12,8 s), pomiędzy CRT-W-6 a CRT-S-7 (27,3 s, SD=7,9 s vs. 30,7 s, SD=9,2 s), pomiędzy CRT-W-8 a CRT-S-9 (25,7 s, SD=8,6 s vs. 29,1 s, SD=8,4 s), pomiędzy CRT-W-10 a CRT-S-11 (21,4 s, SD=7,7 s vs. 26,3 s, SD=7,4 s), pomiędzy CRT-W-14 a CRT-S-15 (17 s, SD=6,4 s vs. 22,3 s, SD=5,4 s), pomiędzy CRT-W-18 a CRT-S-19 (10 s, SD=3,7 s vs. 13,9 s, SD=4,1 s) oraz pomiędzy CRT-W-20 a CRT-S-21 (9,5 s, SD=3,1 s vs. 12 s, SD=4,4 s).

Jak wynika z przedstawionych danych, w większości przypadków wielogodzinne przechowywanie zębów w roztworze sztucznej śliny po zabiegu wybielania powodowało istotny wzrost wartości CRT-S, co oznaczało spadek podatności szkliwa na demineralizację. Jednak należy zaznaczyć, że wartość testów CRT-S wykonywanych po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny była zawsze istotnie statystycznie niższa niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1) (tab. 8, ryc. 1).

Dane przedstawione na ryc. 1 wskazują na istotny wzrost odporności szkliwa na demineralizację po 14 zabiegach szczotkowania zębów pastami zawierającymi związki fluoru (CRT-R-23), przy czym odporność ta była nadal istotnie niższa niż przed wybielaniem szkliwa (CRT-K-1).

Tabela 8. Wyniki średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1), każdorazowo po 10-godzinnej aplikacji żelu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu oraz każdorazowo po 14 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny

Table 8. Results of average susceptibility teeth enamel to demineralization measured CRT test (s) before start bleaching procedure (CRT-K-1), each after 10 hgel with 10% carbamide peroxide application and each after 14 h teeth exposure to artificial saliva

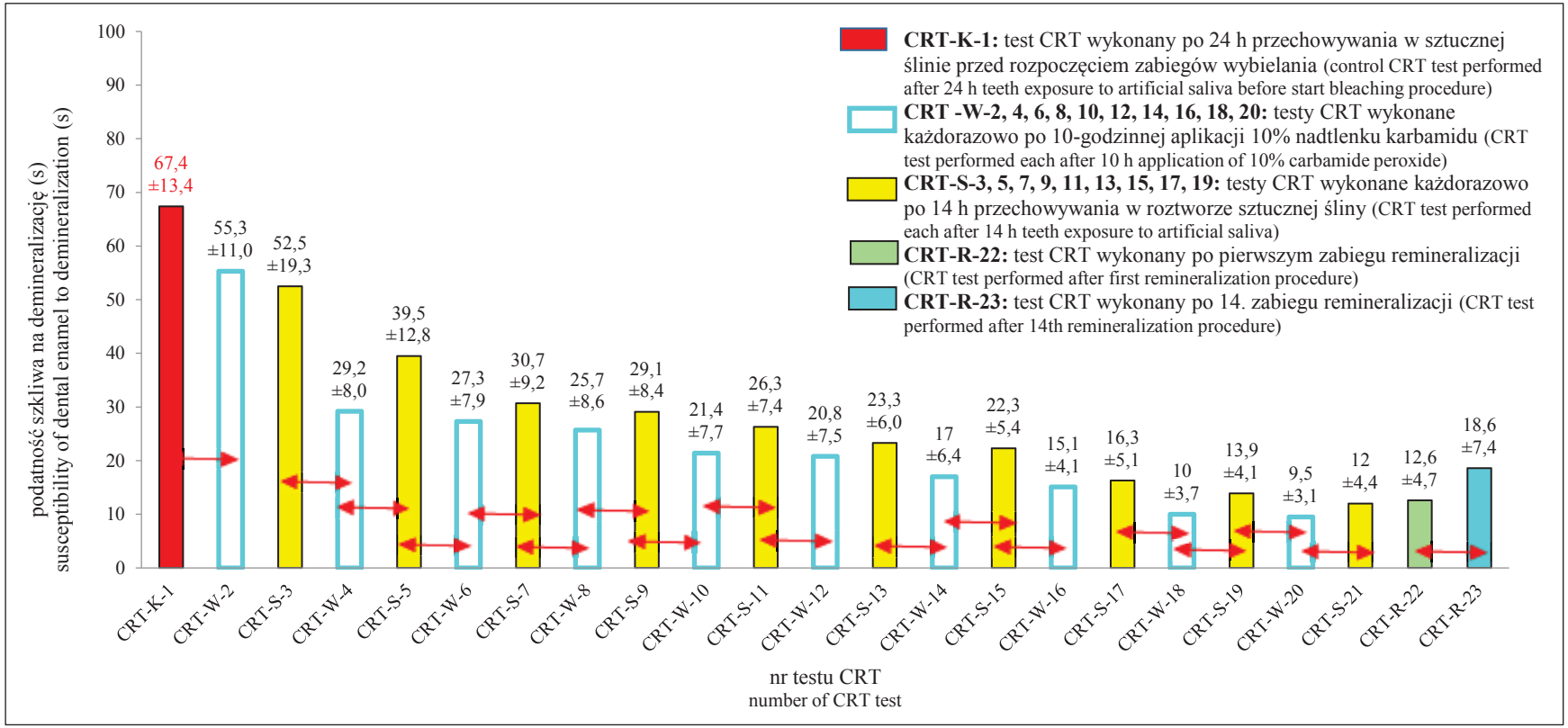
Liczba zębów (n) Number of teeth (n)	Etap badania Stage study	Podatność szkliwa na demineralizację mierzona testem CRT (s) Susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s)							
		po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny after remove teeth from artificial saliva				po usunięciu z powierzchni szkliwa żelu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu after remove gel with 10% carbamide peroxide from enamel surface			
		Nr testu CRT Number of CRT test	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	Nr testu CRT-W Number of CRT test	$\bar{x}$	SD	Zakres Range
20	I	CRT-K-1	67,4[1]	13,4	48-99	CRT-W-2	55,3[2]	11,0	27-74
	II	CRT-S-3	52,5[3]	19,3	29-91	CRT-W-4	29,2[4]	8,0	14-46
	III	CRT-S-5	39,5[5]	12,8	20-70	CRT-W-6	27,3[6]	7,9	3-41
	IV	CRT-S-7	30,7[7]	9,2	19-53	CRT-W-8	25,7[8]	8,6	15-46
	V	CRT-S-9	29,1[9]	8,4	18-47	CRT-W-10	21,4[10]	7,7	12-40
	VI	CRT-S-11	26,3[11]	7,4	12-41	CRT-W-12	20,8[12]	7,5	11-37
	VII	CRT-S-13	23,3[13]	6,0	15-40	CRT-W-14	17,0[14]	6,4	8-35
	VIII	CRT-S-15	22,3[15]	5,4	11-36	CRT-W-16	15,1[16]	4,1	7-22
	IX	CRT-S-17	16,3[17]	5,1	7-29	CRT-W-18	10[18]	3,7	3-15
	X	CRT-S-19	13,9[19]	4,1	8-25	CRT-W-20	9,5[20]	3,1	4-14
	XI	CRT-S-21	12,0[21]	4,4	5-24	-	-	-	-

CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)

CRT-W-2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20: testy CRT wykonane każdorazowo po 10-godzinnej aplikacji preparatu wybielającego (CRT tests performed each after 10 h application of bleaching preparations)

CRT-S-3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21: testy CRT wykonane każdorazowo po 14-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT tests performed each after 14 h teeth exposure to artificial saliva)

Wartości oceniane testem t-Studenta dla wartości zależnych, różniące się statystycznie:
Values rated t-Student test for dependent values statistically different:
a) **p<0,05** dla: 1-3; 6-7; 8-9; 11-13; 17-19; 19-21;
b) **p<0,01** dla: 3-5; 5-7; 9-11; 12-14; 20-21;
c) **p<0,001** dla: 1-2; 1-4; 1-5; 1-6; 1-7; 1-8; 1-9; 1-10; 1-11; 1-12; 1-13; 1-14; 1-15; 1-16; 1-17; 1-18; 1-19; 1-20; 1-21; 2-4; 3-4; 4-5; 5-6; 7-8; 8-10; 9-10; 10-11; 11-12; 13-14; 14-15; 15-16; 15-17; 16-18; 17-18; 18-19; 19-20;



Rycina 1. Wyniki średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację, mierzonej testem CRT (s) przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1), każdorazowo po 10-godzinnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu, każdorazowo po 14-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S) oraz po pierwszym i po 14. zabiegu remineralizacji (CRT-R).

↔ różnica istotna statystycznie

Figure 1. Results of average susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) before start bleaching procedure (CRT-K-1), each after 10 h gel with 10% carbamide peroxide application, each after 14 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S) and after first and 14th remineralization (CRT-R)

5.1.1 Analiza zmian zachodzących w podatności szkliwa na demineralizację po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny oraz po zabiegach remineralizacji szkliwa z wykorzystaniem dwóch różnych preparatów zawierających związki fluoru

W tab. 9 zestawiono średnie wartości testów CRT-R (s) wykonanych po pierwszym i 14. zabiegu remineralizacji zarówno z użyciem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów) jak i pasty Sensodyne® (n=10 zębów). W tabeli uwzględniono także wyniki uzyskane dla tych zębów w badaniu kontrolnym (CRT-K-1), po dziesiątej 10-godzinnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu (CRT-W-20) i po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-21).

Wyniki remineralizacji z zastosowaniem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów)

Dane zawarte w tab. 9 wskazują, że średnia wartość testu CRT po pierwszym szczotkowaniu pastą Duraphat® 5000wynosiła 11,8 s, SD=4,1 s (CRT-R-22), natomiast średnia wartość testu CRT-R-23 wykonanego po 14. zabiegu szczotkowania wynosiła 22,2 s, SD=7,8 s (różnica istotna statystycznie). Oznaczało to, że po tygodniu zarówno stosowania pasty Duraphat® 5000jak i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, czas potrzebny na demineralizację szkliwa uległ wydłużeniu aż o 88,1%. Jednak porównując wyniki testów CRT-R-22 i CRT-R-23 do wyniku testu wykonanego przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1) można stwierdzić, że były one nadal istotnie niższe, przy czym po pierwszym zabiegu remineralizacji o 83,9% (CRT-R-22), a po 14. zabiegu remineralizacji o 69,7% (CRT-R-23).

Odnosząc wyniki testów CRT-R-22 (po pierwszym szczotkowaniu) i CRT-R-23 (po 14. szczotkowaniu) do wyników uzyskanych po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-21) można stwierdzić, że średnia wartość CRT-R-22 była nieistotnie niższa o 3,3%, natomiast wartość CRT-R-23 była wyższa aż o 82% (różnica istotna statystycznie).

W porównaniu do testu CRT-W-20 (wykonanego po dziesiątym zabiegu wybielania), średnie wartości testów CRT-S-21, CRT-R-22 oraz CRT-R-23 były istotnie wyższe - po 14-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny o 27% (CRT-S-21), po pierwszym szczotkowaniu o 22,9% (CRT-R-22) a po 14. szczotkowaniu o 131,3% (CRT-R-23) (różnica istotna statystycznie).

Na ryc. 2 zestawiono zmiany w podatności szkliwa na demineralizację po zastosowaniu pasty Duraphat® 5000 dla poszczególnych badanych zębów. W zestawieniu uwzględniono także podatności szkliwa stwierdzone po dziesiątej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu i po 14 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny. Z przedstawionych danych wynika, że dla

każdego z 10 badanych zębów, wartość wyjściowa (CRT-K-1) była wartością najwyższą w porównaniu do pozostałych wyników. Również dla każdego z 10 badanych zębów, wartość testu CRT wykonanego po 14. szczotkowaniu (CRT-R-23) była wyższa od wartości testu wykonanego po pierwszym szczotkowaniu (CRT-R-22). Porównując wyniki testu CRT-W-20 (po 10. cyklu wybielania) z wynikami testu CRT-S-21 (po 14 h kontaktu wybielonych uprzednio zębów ze sztuczną śliną) stwierdzono, że w przypadku 8 zębów wartość testu CRT-S-21 wzrosła, w 1 przypadku nie zmieniła się i w 1 przypadku uległa obniżeniu. Natomiast porównując wyniki testu CRT-S-21 z wynikami testu CRT-R-22 (wykonanego po pierwszym szczotkowaniu zębów pastą Duraphat® 5000) stwierdzono, że w przypadku 3 zębów wartość CRT-R-22 była wyższa, w przypadku 3 zębów nie uległa zmianie, a w przypadku 4 zębów była niższa od CRT-S-21.

Na ryc. 3 przedstawiono jak rozkładały się wartości testów CRT-K-1, CRT-W-20, CRT-S-21, CRT-R-22 i CRT-R-23 uzyskane dla poszczególnych zębów poddanych szczotkowaniu pastą Duraphat® 5000 (n=10) i jakie było ich zróżnicowanie. Po wykonaniu testu kontrolnego (CRT-K-1) można stwierdzić, że czas potrzebny na demineralizację szkliwa w przypadku każdego z dziesięciu zębów był zróżnicowany i mieścił się w zakresie od 61 do 99 s. Natomiast po dziesiątym zabiegu wybielania czas potrzebny na demineralizację obniżył się w przypadku każdego z badanych zębów mieścił się w zakresie od 4 do 14 s (CRT-W-20). Po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny czas potrzebny na demineralizację szkliwa mieścił się w zakresie od 5 do 24 s (CRT-S-21). Po pierwszym zabiegu remineralizacji czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów pozostał nadal obniżony i mieścił się w zakresie od 7 do 19 s (CRT-R-22). Natomiast po 14. szczotkowaniu czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów wprawdzie był nadal obniżony, ale jego zakres uległ powiększeniu oraz większemu zróżnicowaniu i mieścił się w zakresie od 11 do 36 s (CRT-R-23).

Wyniki remineralizacji z zastosowaniem pasty Sensodyne® (n=10 zębów)

Dane zawarte w tab. 9 wskazują, że po pierwszym szczotkowaniu pastą Sensodyne®, średnia wartość testu CRT wynosiła 13,4 s, SD=5,3 s (CRT-R-22), natomiast średnia wartość testu CRT wykonanego po 14. szczotkowaniu (CRT-R-23) nie zmieniła się istotnie i wynosiła 14,9 s, SD=4,9 s. Wyniki badań wskazują, że wartość testu CRT po 14 zabiegach remineralizacji pastą Sensodyne® i wielogodzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny pomiędzy tymi zabiegami, wzrosła o 11,2% w porównaniu do efektów uzyskanych po pierwszym zabiegu remineralizacji. Jednocześnie porównując wyniki testów CRT-R-22 i CRT-R-23 do wartości testu wykonanego przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1) można stwierdzić, że były one istotnie niższe, przy czym po

pierwszym zabiegu remineralizacji o 78,2% (CRT-R-22), a po 14. zabiegu remineralizacji o 75,8% (CRT-R-23).

Odnosząc wyniki testów CRT-R-22 (po pierwszym szczotkowaniu) i CRT-R-23 (po 14. szczotkowaniu) do wyników uzyskanych bezpośrednio po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-21) można stwierdzić, że średnia wartość CRT-R-22 wzrosła o 14,5% (różnica nieistotna statystycznie), natomiast wartość CRT-R-23 była wyższa aż o 27,4% (różnica istotna statystycznie).

W porównaniu do testu CRT-W-20 (wykonanego po 10. zabiegu wybielania), średnie wartości testów CRT-S-21, CRT-R-22 oraz CRT-R-23 były istotnie wyższe - po 14-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny o 25,8% (CRT-S-21), po pierwszym szczotkowaniu o 44,1% (CRT-R-22), a po 14. szczotkowaniu o 60,2% (CRT-R-23). Wszystkie różnice były istotne statystycznie.

Na ryc. 4 zestawiono zmiany w podatności szkliwa na demineralizację po zastosowaniu pasty Sensodyne® dla poszczególnych badanych zębów. W zestawieniu uwzględniono także podatności szkliwa stwierdzone po dziesiątej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu i po 14 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny. Z przedstawionych danych wynika, że dla każdego z 10 badanych zębów, wartość wyjściowa (CRT-K-1) była wartością najwyższą w porównaniu do pozostałych wyników. W przypadku 8 zębów, wartość testu CRT wykonanego po 14. szczotkowaniu (CRT-R-23) była wyższa od wartości testu wykonanego po pierwszym szczotkowaniu (CRT-R-22), natomiast w przypadku 1 zęba wartość testu nie zmieniła się, a w przypadku 1 zęba wartość testu była niższa. Porównując wyniki testu CRT-W-20 (po 10. cyklu wybielania) z wynikami testu CRT-S-21 (po 14 h kontaktu wybielonych uprzednio zębów ze sztuczną śliną) stwierdzono, że w przypadku 9 zębów wartość testu CRT-S-21 wzrosła, w 1 przypadku uległa obniżeniu. Natomiast porównując wyniki testu CRT-S-21 z wynikami testu CRT-R-22 (wykonanego po pierwszym zabiegu szczotkowania zębów pastą Sensodyne®) stwierdzono, że w przypadku 4 zębów wartość CRT-R-22 była wyższa, w przypadku 4 zębów nie uległa zmianie, a w przypadku 2 zębów była niższa od CRT-S-21.

Na ryc. 5 przedstawiono, jak rozkładały się wartości testów CRT-K-1, CRT-W-20, CRT-S-21, CRT-R-22 i CRT-R-23 uzyskane dla poszczególnych zębów poddanych szczotkowaniu pastą Sensodyne® (n=10) i jakie było ich zróżnicowanie. Po wykonaniu testu kontrolnego (CRT-K-1) można stwierdzić, że czas potrzebny na demineralizację szkliwa w przypadku każdego z dziesięciu zębów był zróżnicowany i mieścił się w zakresie od 48 do 81 s. Natomiast po 10. zabiegu wybielania czas potrzebny na demineralizację obniżył się w przypadku każdego z badanych zębów i mieścił się w zakresie od 5 do 13 s (CRT-W-20). Po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny czas potrzebny na demineralizację

szkliwa pozostał nadal obniżony i mieścił się w podobnym jak wcześniej zakresie - od 8 do 19 s (CRT-S-21). Zarówno po pierwszym jak i po 14. szczotkowaniu pastą Sensodyne®, czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów był nadal obniżony i mieścił się w zakresie od 7 do 25 s (CRT-R-22) oraz od 7 do 26 s (CRT-R-23).

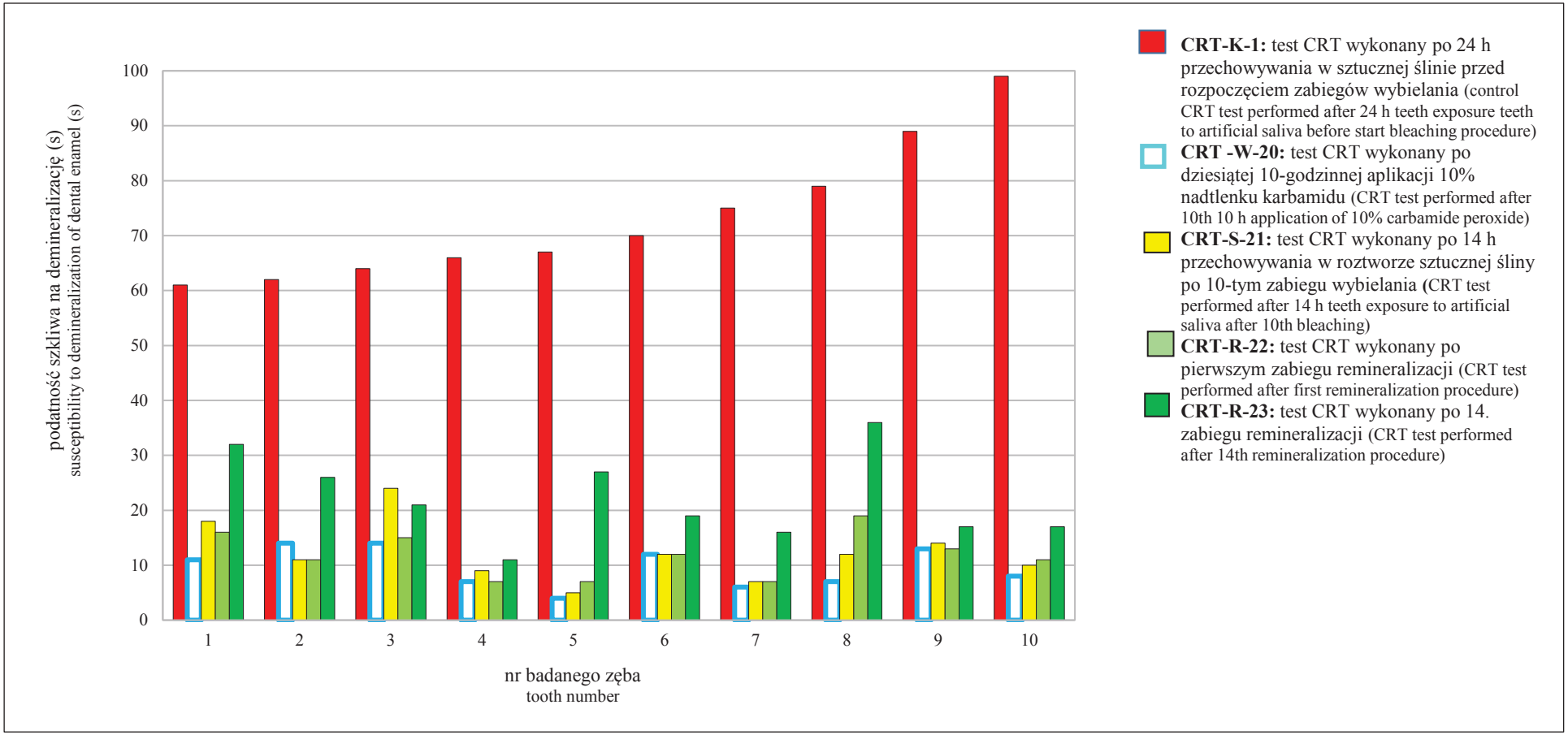
Tabela 9. Zestawienie średnich wartości podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) po pierwszym i po 14. zabiegu remineralizacji w odniesieniu do wyników podatności szkliwa zębów stwierdzonej w badaniu kontrolnym (CRT-K-1), po dziesiątej 10-godzinnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu (CRT-W-20) oraz po 14 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-21)

Table 9. Data of average values of susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after first and 14. remineralization in reference to results of susceptibility dental enamel detected in control examination (CRT-K-1), after 10th 10 h application of 10% carbamide peroxide (CRT-W-20) and after 14 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S-21)

Rodzaj zastosowanego preparatu do remineralizacji Applied remineralizationpreparations	Liczbazębów (n) Number of teeth (n)	Podatność szkliwa na demineralizację badana testem CRT (s) w przypadku zastosowania 10% nadtlenku karbamidu 10-krotnie każdorazowo przez 10 godzin, którą stwierdzono: Susceptibility of dental enamel to demineralization measured by CRT test (s) in case of application 10% carbamide peroxide 10-times each by 10 hours which found:														
		po pierwszym zabiegu remineralizacji afterfirstremineralization procedure			po 14. zabiegu remineralizacji after 14th remineralization procedure			przed rozpoczęciem zabiegów wybielania before start bleachingprocedure			po 14 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny po 10. zabiegu wybielania after 14 h exposure teeth to artificial saliva after 10th bleaching procedure			po 10. zabiegu wybielania after 10th bleaching procedure		
		CRT-R-22			CRT-R-23			CRT-K-1			CRT-S-21			CRT-W-20		
		$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range
Duraphat® 5000	10	11,8[1]	4,1	7-19	22,2[2]	7,8	11-36	73,2[3]	12,5	61-99	12,2[4]	5,5	5-24	9,6[5]	3,6	4-14
Sensodyne®	10	13,4[6]	5,3	7-25	14,9[7]	4,9	7-26	61,6[8]	12,2	48-81	11,7[9]	3,1	8-19	9,3[10]	2,5	5-13

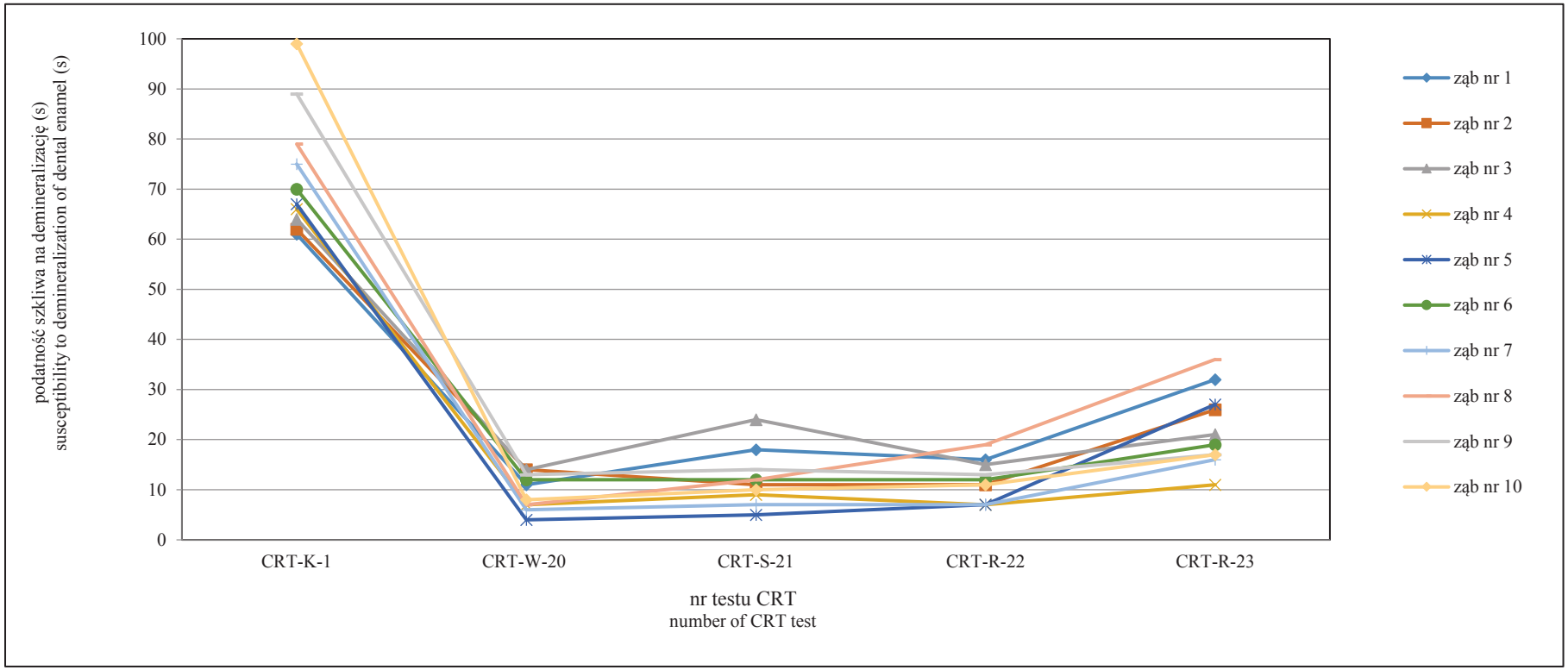
CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performedafter 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-20: test CRT wykonany po dziesiątym 10-godzinnym zabiegu wybielania 10% nadtlenkiem karbamidu (CRT test performed after 10th 10 h application of 10% carbamide peroxide)
CRT-S-21: test CRT wykonany po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny po 10. wybielaniu (CRT test performer after 14 h teeth exposure to artificial saliva)
CRT-R-22: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)
CRT-R-23: test CRT wykonanypo 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)

Wartości oceniane testem t-Studenta dla wartości zależnych, różniących się istotnie statystycznie:
Values rated t-Student test for dependent values statistically different:
a) **p<0,05** dla: 4-5; 6-10; 7-9; 9-10;
b) **p<0,01** dla: 2-4; 7-10;
c) **p<0,001** dla: 1-2; 1-3; 2-3; 2-5; 3-4; 3-5; 6-8; 7-8; 8-9; 8-10;



Rycina 2. Zestawienie zmian w podatności szkliwa zębów na demineralizację po zastosowaniu pasty Duraphat® 5000 (CRT-R-22 i CRT-R-23) w odniesieniu do podatności szkliwa stwierdzonej po dziesiątej 10-godzinnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu (CRT-W-20) oraz po 14 godzinach przechowywania w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-21) dla każdego z 10 badanych zębów

Figure 2. Results of average susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after use Duraphat® 5000 (CRT-R-22 i CRT-R-23) in reference to susceptibility of dental enamel after 10th 10 h application of 10% carbamide peroxide (CRT-W-20) and after 14 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S-21) for each of 10 teeth



Rycina 3. Zestawienie wartości wybranych testów CRT uzyskanych w przebiegu badania dla poszczególnych zębów wybielanych 10% nadtlenkiem karbamidu 10-krotnie każdorazowo przez 10 godzin oraz remineralizowanych z zastosowaniem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów)

Figure 3. Values of selected CRT test obtained during examination for individual teeth bleached with 10% carbamide peroxide 10-times each by 10 h and remineralized with Duraphat® 5000 (n=10 teeth)

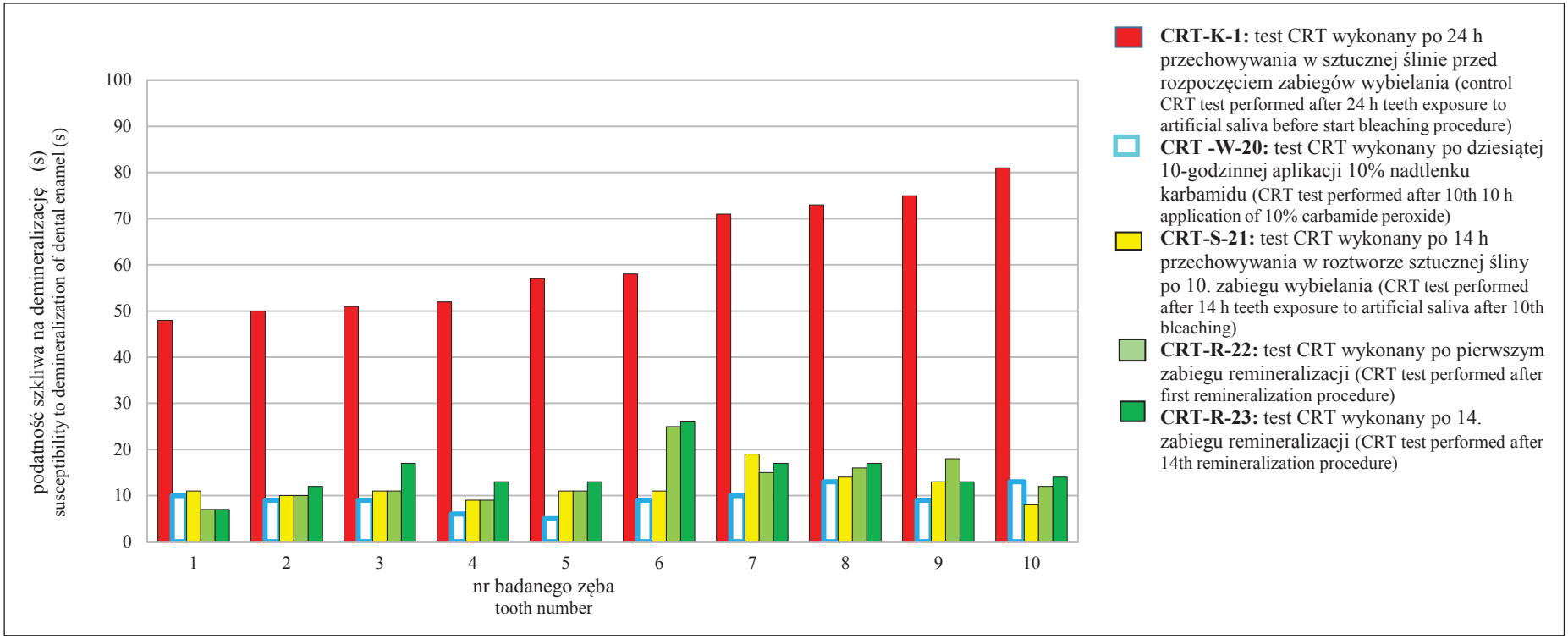
CRT-K-1: test CRT wykonanypo 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, przed rozpoczęciem zabiegów wybielania(control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)

CRT-W-20: test CRT wykonany po dziesiątym 10-godzinnym zabiegu wybielania 10% nadtlenkiem karbamidu (CRT test performedafter 10th 10 happlication of 10% carbamideperoxide)

CRT-S-21: test CRT wykonany po 14-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny po 10. zabiegu wybielania (CRT test performed after 14 h teeth exposure to artificial saliva after 10th tooth bleaching)

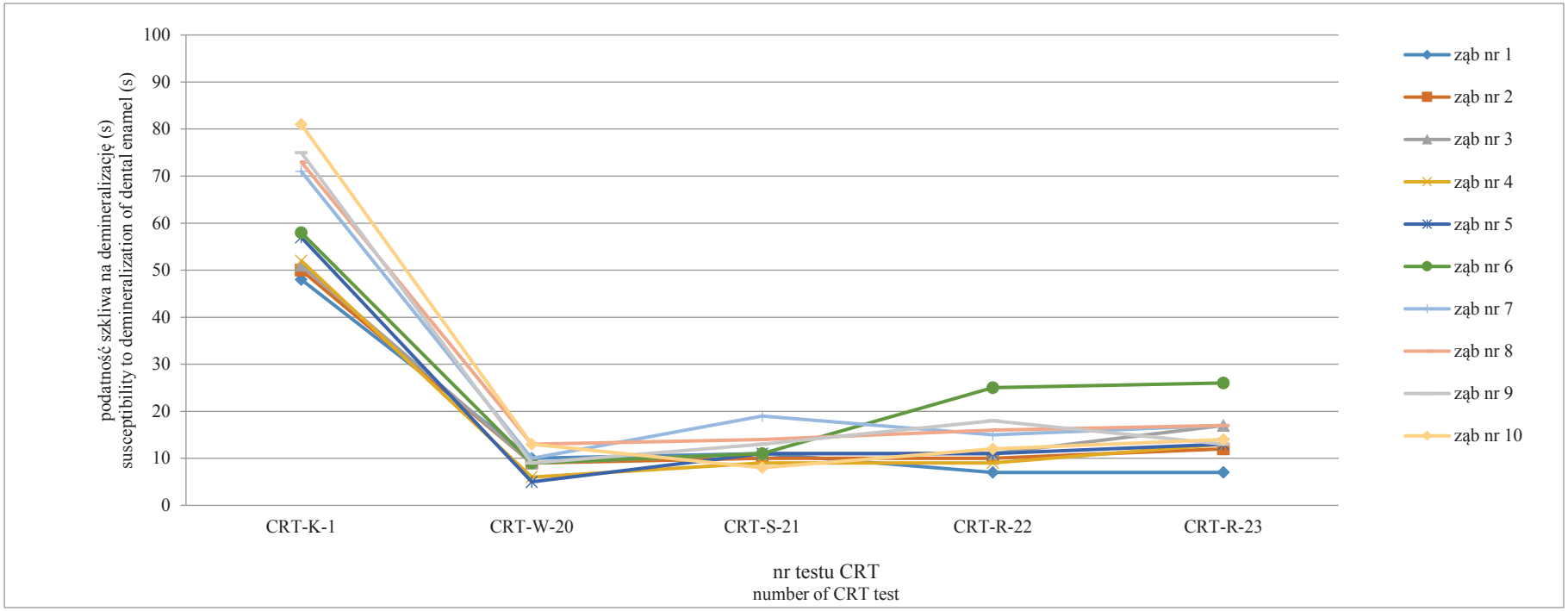
CRT-R-22: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)

CRT-R-23: test CRT wykonanypo 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)



Rycina 4. Zestawienie zmian w podatności szkliwa zębów na demineralizację po zastosowaniu pasty Sensodyne® (CRT-R-22 i CRT-R-23) w odniesieniu do podatności szkliwa stwierdzonej po dziesiątej 10-godzinnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu (CRT-W-20) oraz po 14 godzinach przechowywania w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-21) dla każdego z 10 badanych zębów

Figure 4. Results of average susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after use Sensodyne® (CRT-R-22 i CRT-R-23) in reference to susceptibility of dental enamel after 10th 10 h application of 10% carbamide peroxide (CRT-W-20) and after 14 hteeth exposure to artificial saliva (CRT-S-21) for each of 10 teeth



Rycina 5. Zestawienie wartości wybranych testów CRT uzyskanych w przebiegu badania dla poszczególnych zębów wybielanych 10% nadtlenkiem karbamidu 10-krotnie każdorazowo przez 10 godzin oraz remineralizowanych z zastosowaniem pasty Sensodyne® (n=10 zębów)

Figure 5. Values of selected CRT test obtained during examination for individual teeth bleached with 10% carbamide peroxide 10-times each by 10 h and remineralized with Sensodyne® 5000 (n=10 teeth)

CRT-K-1: test CRT wykonanypo 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)

CRT-W-20: test CRT wykonany po dziesiątym 10-godzinnym zabiegu wybielania 10% nadtlenkiem karbamidu (CRT test performed after 10th 10 hours application of 10% carbamide peroxide)

CRT-S-21: test CRT wykonany po 14-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny po 10. zabiegu wybielania (CRT test performedafter 14 h teeth exposure to artificial saliva after 10th bleaching)

CRT-R-22: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)

CRT-R-23: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)

5.2 Zestawienie wyników badań dotyczących podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanych dziesięciokrotnemu działaniu preparatu zawierającego 16% nadtlenek karbamidu każdorazowo przez 10 godzin z uwzględnieniem wpływu przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny

W tab. 10 i na ryc. 6 przedstawiono wyniki dotyczące średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) po zastosowaniu 16% nadtlenku karbamidu 10-krotnie każdorazowo przez okres 10 h z uwzględnieniem zmian zachodzących w tej podatności po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny (każdorazowo przez okres 14 h).

Na podstawie danych zawartych w tab. 10 można stwierdzić, że przed rozpoczęciem zabiegów wybielania, średni czas potrzebny na demineralizację badanego szkliwa wynosił 45,7 s, SD=18,4 s (CRT-K-1). Wartość testów CRT-W, wykonanych każdorazowo po zabiegu wybielania była zawsze istotnie statystycznie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1), co świadczyłoby o istotnie wyższej podatności szkliwa na demineralizację po zabiegach wybielania niż przed ich rozpoczęciem. Po pierwszej 10-godzinnej ekspozycji zębów na 16% nadtlenek karbamidu, średnia wartość testu CRT wynosiła 38,4 s, SD=12,8 s (CRT-W-2), co świadczyło o wzroście podatności szkliwa na demineralizację o 16% w porównaniu do wartości kontrolnej (CRT-K-1). Po drugiej ekspozycji na preparat wybielający, podatność szkliwa na demineralizację była wyższa o 37,6% (CRT-W-4=28,5 s, SD=8,2 s) w porównaniu do wartości kontrolnej, po trzeciej ekspozycji podatność ta była wyższa o 47,9% (CRT-W-6=23,8 s, SD=7,5 s), po czwartej o 56,9% (CRT-W-8=19,7 s, SD=7,9 s), po piątej o 61,5% (CRT-W-10=17,6 s, SD=6,2 s), po szóstej o 73,3% (CRT-W-12=12,2 s, SD=3,6 s), po siódmej o 79% (CRT-W-14=9,6 s, SD=3,6 s), po ósmej o 79,2% (CRT-W-16=9,5 s, SD=3,4 s), po dziewiątej o 82,3% (CRT-W-18=8,1 s, SD=2,8 s), a po dziesiątej o 85,8% (CRT-W-20=6,5 s, SD=2,7 s).

Analizując kolejno wartości testów CRT-W, wykonanych po każdej 10-godzinnej aplikacji żelu wybielającego stwierdzono, że ulegały one stopniowemu obniżeniu, ale nie w każdym przypadku były to różnice istotne statystycznie. Po drugiej aplikacji żelu wybielającego, podatność szkliwa na demineralizację wzrosła o 25,8% w porównaniu do wartości uzyskanej po pierwszej aplikacji preparatu (CRT-W-2 vs CRT-W-4). Występująca różnica była istotna statystycznie. Podobnie różnice istotnie statystycznie stwierdzono pomiędzy wartościami CRT-W uzyskanymi po 2. (CRT-W-4) i po 3. (CRT-W-6) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 16,5%), po 3. (CRT-W-6) i po 4. (CRT-W-8) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 17,3%), po 4. (CRT-W-8) i po 5. (CRT-W-10) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 10,7%), po 5. (CRT-W-10) i po 6.

(CRT-W-12) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 30,7%), po 6. (CRT-W-12) i po 7. (CRT-W-14) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 21,3%) oraz po 9. (CRT-W-18) i po 10. (CRT-W-20) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 19,8%). Natomiast różnice nie były istotne statystycznie pomiędzy wartościami CRT uzyskanymi po 7. (CRT-W-14) i po 8. (CRT-W-16) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 1%) oraz po 8. (CRT-W-16) i po 9. (CRT-W-18) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 14,7%).

Pomiędzy zabiegami wybielania zęby były przechowywane w roztworze sztucznej śliny każdorazowo przez 14 h. Porównując kolejno wartości testów wykonanych po aplikacji żelu na powierzchnię szkliwa (CRT-W) z wartościami testów wykonanych po 14-godzinnym przechowywaniu w roztworze sztucznej śliny (CRT-S) można stwierdzić, że istotne statystycznie różnice występowały pomiędzy wartościami CRT-W-6 a CRT-S-7 (23,8 s, SD=7,5 s vs. 29,6 s, SD=6,9 s), pomiędzy CRT-W-8 a CRT-S-9 (19,7 s, SD=7,9 s vs. 23 s, SD=7,8 s), pomiędzy CRT-W-12 a CRT-S-13 (12,2 s, SD=3,6 s vs. 15,6 s, SD=5 s), pomiędzy CRT-W-14 a CRT-S-15 (9,6 s, SD=3,6 s vs. 12,7 s, SD=3,2 s) oraz pomiędzy CRT-W-16 a CRT-S-17 (9,5 s, SD=3,4 s vs. 12,9 s, SD=2,9 s).

Jak wynika z przedstawionych danych, w 50% przypadków wielogodzinne przechowywanie zębów w roztworze sztucznej śliny po zabiegach wybielania powodowało istotny wzrost wartości CRT-S, co oznaczało spadek podatności szkliwa na demineralizację. Jednak należy zaznaczyć, że wartość wszystkich testów CRT-S wykonywanych po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny była zawsze istotnie statystycznie niższa niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1) (tab. 10, ryc. 6).

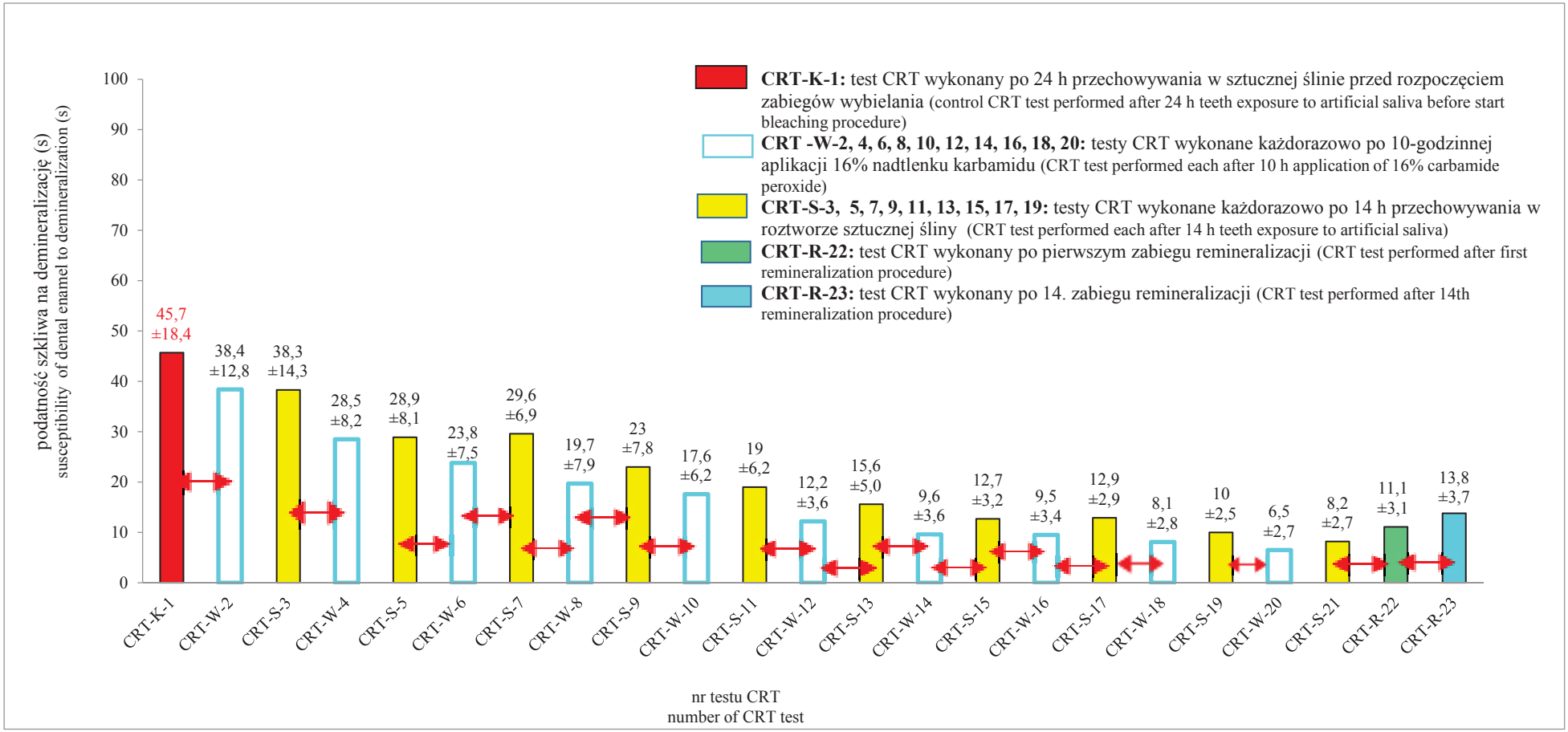
Przedstawione na ryc. 6 dane wskazują na istotny wzrost odporności szkliwa na demineralizację po pierwszym (CRT-R-22) i po 14 zabiegach szczotkowania zębów pastami zawierającymi związki fluoru (CRT-R-23), przy czym odporność ta była nadal istotnie niższa niż przed wybielaniem szkliwa (CRT-K-1).

Tabela 10. Wyniki średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1), każdorazowo po 10-godzinnej aplikacji żelu zawierającego 16% nadtlenek karbamidu oraz każdorazowo po 14 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny
Table 10. Results of average susceptibility teeth enamel to demineralization measured CRT test (s) before start bleaching procedure (CRT-K-1), each after 10 h gel with 16% carbamide peroxide application and each after 14 h teeth exposure to artificial saliva

Liczba zębów (n) Number of teeth (n)	Etap badania Stage study	Podatność szkliwa na demineralizację mierzona testem CRT (s) Susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s)							
		po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny after remove teeth from artificial saliva				po usunięciu z powierzchni szkliwa żelu zawierającego 16% nadtlenek karbamidu after remove gel with 16% carbamide peroxide from enamel surface			
		Nr testu CRT Number of CRT test	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	Nr testu CRT-W Number of CRT test	$\bar{x}$	SD	Zakres Range
20	I	CRT-K-1	45,7[1]	18,4	25-86	CRT-W-2	38,4[2]	12,8	24-63
	II	CRT-S-3	38,3[3]	14,3	21-77	CRT-W-4	28,5[4]	8,2	14-43
	III	CRT-S-5	28,9[5]	8,1	18-41	CRT-W-6	23,8[6]	7,5	9-37
	IV	CRT-S-7	29,6[7]	6,9	17-42	CRT-W-8	19,7[8]	7,9	9-36
	V	CRT-S-9	23[9]	7,8	12-39	CRT-W-10	17,6[10]	6,2	11-33
	VI	CRT-S-11	19[11]	6,2	8-32	CRT-W-12	12,2[12]	3,6	7-20
	VII	CRT-S-13	15,6[13]	5,0	7-26	CRT-W-14	9,6[14]	3,6	5-17
	VIII	CRT-S-15	12,7[15]	3,2	7-18	CRT-W-16	9,5[16]	3,4	5-20
	IX	CRT-S-17	12,9[17]	2,9	8-19	CRT-W-18	8,1[18]	2,8	3-14
	X	CRT-S-19	10[19]	2,5	4-15	CRT-W-20	6,5[20]	2,7	3-11
	XI	CRT-S-21	8,2[21]	2,7	4-14	-	-	-	-

CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20: testy CRT wykonane każdorazowo po 10 h aplikacji preparatu wybielającego (CRT tests performed each after 10 h application of bleaching preparations)
CRT-S-3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21: testy CRT wykonane każdorazowo po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT tests performed each after 14 h teeth exposure to artificial saliva)

Wartości oceniane testem t-Studenta dla wartości zależnych, różniące się istotnie statystycznie:
Values rated t-Student test for dependent values statistically different:
a) **p<0,05** dla:1-3; 6-8; 8-9; 8-10; 9-11; 11-13; 13-15; 18-20; 19-21;
b) **p<0,01** dla: 3-5; 4-6; 5-6; 10-12; 12-14; 15-16; 16-17;
c)**p<0,001** dla: 1-2; 1-4; 1-5; 1-6; 1-7; 1-8; 1-9; 1-10; 1-11; 1-12; 1-13; 1-14; 1-15; 1-16; 1-17; 1-18; 1-19; 1-20; 1-21; 2-4; 3-4; 6-7; 7-8; 7-9; 9-10; 11-12; 12-13; 13-14; 14-15; 17-18; 17-19; 19-20;



Rycina 6. Wyniki średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację, mierzonej testem CRT (s) przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1), każdorazowo po 10-godzinnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu (CRT-W), każdorazowo po 14-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S) oraz po pierwszym i po 14. zabiegu remineralizacji (CRT-R)

↔ różnica istotna statystycznie

Figure 6. Results of average susceptibility teeth enamel to demineralization measured CRT test (s) before start bleaching procedure (CRT-K-1), each after 10 h gel with 16% carbamide peroxide application of (CRT-W), each after 14 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S) and after first and 14th remineralization (CRT-R)

5.2.1 Analiza zmian zachodzących w podatności szkliwa na demineralizację po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny oraz pozabiegach remineralizacji szkliwa z wykorzystaniem dwóch różnych preparatów zawierających związki fluoru

W tab. 11 zestawiono średnie wartości testów CRT (s) wykonanych po pierwszym i 14. zabiegu remineralizacji zarówno z użyciem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów) jak i pasty Sensodyne® (n=10 zębów). W tabeli uwzględniono także wyniki uzyskane dla tych zębów w badaniu kontrolnym (CRT-K-1), po dziesiątej 10-godzinnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu (CRT-W-20) i po 14 h przechowywania zębów w sztucznej ślinie (CRT-S-21).

Wyniki remineralizacji z zastosowaniem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów)

Dane zawarte w tab. 11 wskazują, że średnia wartość testu CRT po pierwszym szczotkowaniu pastą Duraphat® 5000 wynosiła 10,7 s, SD=3,1 s (CRT-R-22), natomiast średnia wartość testu CRT-R-23 wykonanego po 14. zabiegu szczotkowania wynosiła 12,9 s, SD=4,1 s (różnica nieistotna statystycznie). Oznaczało to, że po tygodniu zarówno stosowania pasty Duraphat® 5000 jak i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, czas potrzebny na demineralizację szkliwa uległ wydłużeniu o 20,6%. Porównując wyniki testów CRT-R-22 i CRT-R-23 do wyniku testu wykonanego przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1) można stwierdzić, że były one nadal istotnie niższe, przy czym po pierwszym zabiegu remineralizacji o 72,5% (CRT-R-22), a po 14. zabiegu remineralizacji o 66,8% (CRT-R-23).

Odnosząc wyniki testów CRT-R-22 (po pierwszym szczotkowaniu) i CRT-R-23 (po 14. szczotkowaniu) do wyników uzyskanych po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-21) można stwierdzić, że średnia wartość CRT-R-22 była wyższa o 39% natomiast wartość CRT-R-23 była wyższa aż o 67,5% (różnice istotne statystycznie).

W porównaniu do testu CRT-W-20 (wykonanego po dziesiątym zabiegu wybielania), tylko średnie wartości testów CRT-R-22 oraz CRT-R-23 były istotnie wyższe - po pierwszym szczotkowaniu o 42,7% (CRT-R-22), a po 14. szczotkowaniu o 72% (CRT-R-23).

Na ryc. 7 zestawiono zmiany w podatności szkliwa na demineralizację po zastosowaniu pasty Duraphat® 5000 dla poszczególnych badanych zębów. W zestawieniu uwzględniono także podatności szkliwa stwierdzone po dziesiątej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu i po 14 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny. Z przedstawionych danych wynika, że dla każdego z 10 badanych zębów, wartość wyjściowa (CRT-K-1) była wartością najwyższą w porównaniu do pozostałych wyników. Dla 7 badanych zębów, wartość testu CRT wykonanego po 14. szczotkowaniu (CRT-R-23) była wyższa od wartości testu wykonanego po pierwszym szczotkowaniu (CRT-R-22), natomiast niższa w przypadku 3 zębów.

Porównując wyniki testu CRT-W-20 (po 10. cyklu wybielania) z wynikami testu CRT-S-21 (po 14 h kontaktu wybielonych uprzednio zębów ze sztuczną śliną) stwierdzono, że w przypadku 6 zębów wartość testu CRT-S-21 wzrosła a w 4 przypadkach uległa obniżeniu. Natomiast porównując wyniki testu CRT-S-21 z wynikami testu CRT-R-22 (wykonanego po pierwszym zabiegu szczotkowania zębów pastą Duraphat® 5000) stwierdzono, że w wartość CRT-R-22 była wyższa w przypadku 7 zębów, w jednym przypadku nie zmieniła się a w przypadku 2 zębów była niższa od wartości CRT-S-21.

Na ryc. 8 przedstawiono jak rozkładały się wartości testów CRT-K-1, CRT-W-20, CRT-S-21, CRT-R-22 i CRT-R-23 uzyskane dla poszczególnych zębów poddanych szczotkowaniu pastą Duraphat® 5000 (n=10) i jakie było ich zróżnicowanie. Po wykonaniu testu kontrolnego (CRT-K-1) można stwierdzić, że czas potrzebny na demineralizację szkliwa w przypadku każdego z 10 zębów był zróżnicowany i mieścił się w zakresie od 28 do 55 s, rozstęp=27 s. Natomiast po dziesiątym zabiegu wybielania czas potrzebny na demineralizację obniżył się w przypadku każdego z badanych zębów mieścił się w zakresie od 3 do 11 s, rozstęp=8 s (CRT-W-20). Po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny czas potrzebny na demineralizację szkliwa był podobny i mieścił się w zakresie od 4 do 12 s, rozstęp=8 s (CRT-S-21). Po pierwszym zabiegu remineralizacji czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów pozostał nadal obniżony i mieścił się w zakresie od 8 do 15 s, rozstęp=7 s (CRT-R-22). Po 14. zabiegu remineralizacji czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów był nadal obniżony i mieścił się w zakresie od 6 do 19 s, ale rozstęp zwiększył się do 13 s (CRT-R-23).

Wyniki remineralizacji z zastosowaniem pasty Sensodyne® (n=10 zębów)

Dane zawarte w tab. 11 wskazują, że po pierwszym szczotkowaniu pastą Sensodyne®, średnia wartość testu CRT wynosiła 11,4 s, SD=3,9 s (CRT-R-22), natomiast średnia wartość testu CRT wykonanego po 14. szczotkowaniu (CRT-R-23) wynosiła 14,7 s, SD=3,1 s. Wyniki badań wskazują, że wartość testu CRT po 14 zabiegach remineralizacji pastą Sensodyne® i wielogodzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny pomiędzy tymi zabiegami, wzrosła o 29% w porównaniu do efektów uzyskanych po pierwszym zabiegu remineralizacji.Jednocześnie porównując wyniki testów CRT-R-22 i CRT-R-23 do wartości testu wykonanego przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1) można stwierdzić, że były one istotnie niższe, przy czym po pierwszym zabiegu remineralizacji o 78,2% (CRT-R-22), a po 14. zabiegu remineralizacji o 72% (CRT-R-23).

Odnosząc wyniki testów CRT-R-22 (po pierwszym szczotkowaniu) i CRT-R-23 (po 14. szczotkowaniu) do wyników uzyskanych bezpośrednio po 14 h przechowywania zębów w

roztworze sztucznej śliny (CRT-S-21) można stwierdzić, że średnia wartość CRT-R-22 wzrosła o 32,6%, natomiast wartość CRT-R-23 była wyższa aż o 70,9% (różnice istotne statystycznie).

W porównaniu do testu CRT-W-20 (wykonanego po dziesiątym zabiegu wybielania), średnie wartości testów CRT-S-21, CRT-R-22 oraz CRT-R-23 były istotnie wyższe: po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny o 56,4% (CRT-S-21), po pierwszym szczotkowaniu o 107,3% (CRT-R-22), a po 14. szczotkowaniu o 167,3% (CRT-R-23).

Na ryc. 9 zestawiono zmiany w podatności szkliwa na demineralizację po zastosowaniu pasty Sensodyne® dla poszczególnych badanych zębów. W zestawieniu uwzględniono także podatności szkliwa stwierdzone po dziesiątej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu i po 14 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny. Z przedstawionych danych wynika, że dla każdego z 10 badanych zębów, wartość wyjściowa (CRT-K-1) była wartością najwyższą w porównaniu do pozostałych wyników. W przypadku 7 zębów, wartość testu CRT wykonanego po 14. szczotkowaniu (CRT-R-23) była wyższa od wartości testu wykonanego po pierwszym szczotkowaniu (CRT-R-22), natomiast w przypadku 3 zębów wartość testu była niższa. Porównując wyniki testu CRT-W-20 (po 10. cyklu wybielania) z wynikami testu CRT-S-21 (po 14 h kontaktu wybielonych uprzednio zębów ze sztuczną śliną) stwierdzono, że w przypadku 9 zębów wartość testu CRT-S-21 wzrosła, w 1 przypadku nie zmieniła się. Natomiast porównując wyniki testu CRT-S-21 z wynikami testu CRT-R-22 (wykonanego po pierwszym zabiegu szczotkowania zębów pastą Sensodyne®) stwierdzono, że w przypadku 9 zębów wartość CRT-R-22 była wyższa, a w przypadku 1 zęba była niższa.

Na ryc. 10 przedstawiono, jak rozkładały się wartości testów CRT-K-1, CRT-W-20, CRT-S-21, CRT-R-22 i CRT-R-23 uzyskane dla poszczególnych zębów poddanych szczotkowaniu pastą Sensodyne® (n=10) i jakie było ich zróżnicowanie. Po wykonaniu testu kontrolnego (CRT-K-1) można stwierdzić, że czas potrzebny na demineralizację szkliwa w przypadku każdego z 10 zębów był zróżnicowany i mieścił się w zakresie od 25 do 86 s, rozstęp=61 s. Natomiast po 10. zabiegu wybielania czas potrzebny na demineralizację obniżył się w przypadku każdego z badanych zębów i mieścił się w zakresie od 3 do 9 s, rozstęp=6 s (CRT-W-20). Po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny czas potrzebny na demineralizację szkliwa pozostał nadal obniżony i mieścił się w podobnym jak wcześniej zakresie - od 5 do 14 s, rozstęp=9 s (CRT-S-21). Zarówno po pierwszym jak i po 14. szczotkowaniu pastą Sensodyne®, czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów był nadal obniżony i mieścił się w zakresie od 3 do 16 s, rozstęp=13 s (CRT-R-22) oraz od 11 do 19 s, rozstęp=8 s (CRT-R-23).

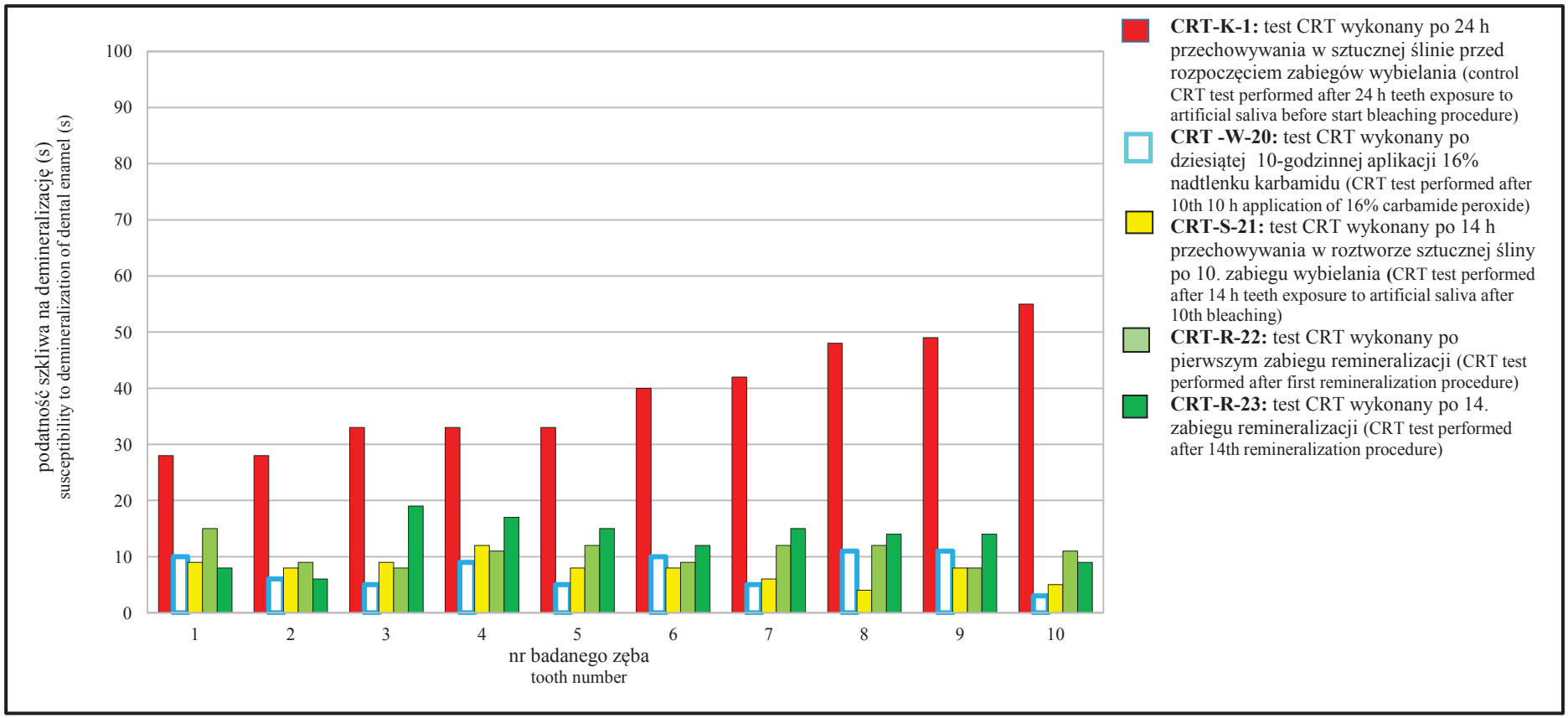
Tabela 11. Zestawienie średnich wartości podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) po pierwszym i po 14. zabiegu remineralizacji w odniesieniu do wyników podatności szkliwa zębów stwierdzonej w badaniu kontrolnym (CRT-K-1), po dziesiątej 10-godzinnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu (CRT-W-20) oraz po 14 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-21)

Table 11. Data of average values of susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after first and 14th remineralization in reference to results of susceptibility dental enamel detected in control examination (CRT-K-1), after 10th 10 h application of 16% carbamide peroxide (CRT-W-20) and after 14 h teeth of exposure to artificial saliva (CRT-S-21)

Rodzaj zastosowanego preparatu do remineralizacji Applied remineralization preparations	Liczba zębów (n) Number of teeth (n)	Podatność szkliwa na demineralizację badana testem CRT (s) w przypadku zastosowania 16% nadtlenku karbamidu 10-krotnie każdorazowo przez 10 godzin, którą stwierdzono: Susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) in case of application 16% carbamide peroxide10-times each by 10 h which found:														
		po pierwszym zabiegu remineralizacji after first remineralization procedure			po 14. zabiegu remineralizacji after 14th remineralization procedure			przed rozpoczęciem zabiegów wybielania before start bleaching procedure			po 14 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny po 10. zabiegu wybielania after 14 h exposure teeth to artificial saliva after 10th bleaching procedure			po 10. zabiegu wybielania after 10th bleaching procedure		
		CRT-R-22			CRT-R-23			CRT-K-1			CRT-S-21			CRT-W-20		
		$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range
Duraphat® 5000	10	10,7[1]	3,1	8-15	12,9[2]	4,1	6-19	38,9[3]	9,4	28-55	7,7[4]	2,3	4-12	7,5[5]	3,0	3-11
Sensodyne®	10	11,4[6]	3,9	3-16	14,7[7]	3,1	11-19	52,4[8]	23	25-86	8,6[9]	3,2	95-14	5,5[10]	2,1	3-9

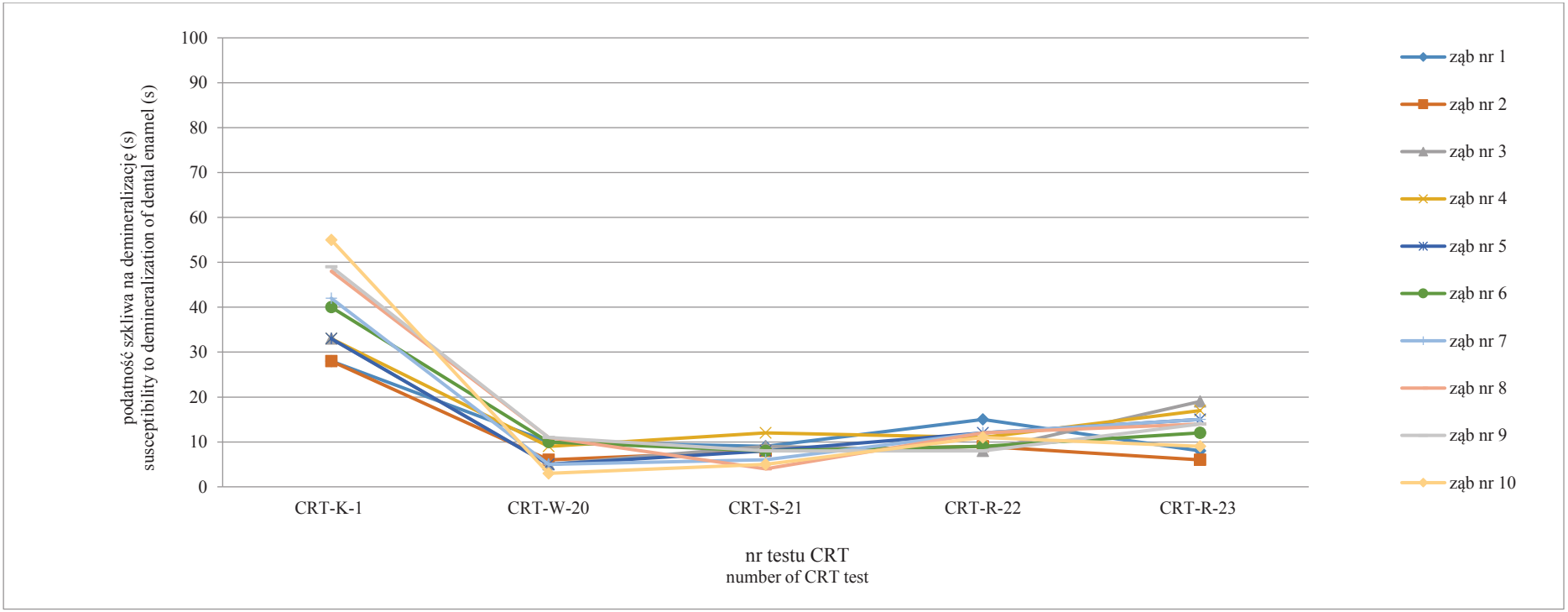
CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-20: test CRT wykonany po dziesiątym 10-godzinnym zabiegu wybielania 16% nadtlenkiem karbamidu (CRT test performed after 10th 10 h application of 16% carbamide peroxide)
CRT-S-21: test CRT wykonany po 14 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny po 10. wybielaniu **(**CRT test performer after 14 h teeth exposure to artificial saliva after 10th bleaching)
CRT-R-22: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)
CRT-R-23: test CRT wykonanypo 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)

Wartości oceniane testem t-Studenta dla wartości zależnych, różniące się istotnie statystycznie:
Values rated t-Student test for dependent values statistically different:
a) **p<0,05** dla: 1-4; 1-5;
b) **p<0,01** dla: 2-4; 2-5; 6-9; 7-9; 9-10;
c) **p<0,001** dla: 1-3; 2-3; 3-4; 3-5; 6-8; 6-10; 7-8; 7-10; 8-9; 8-10;



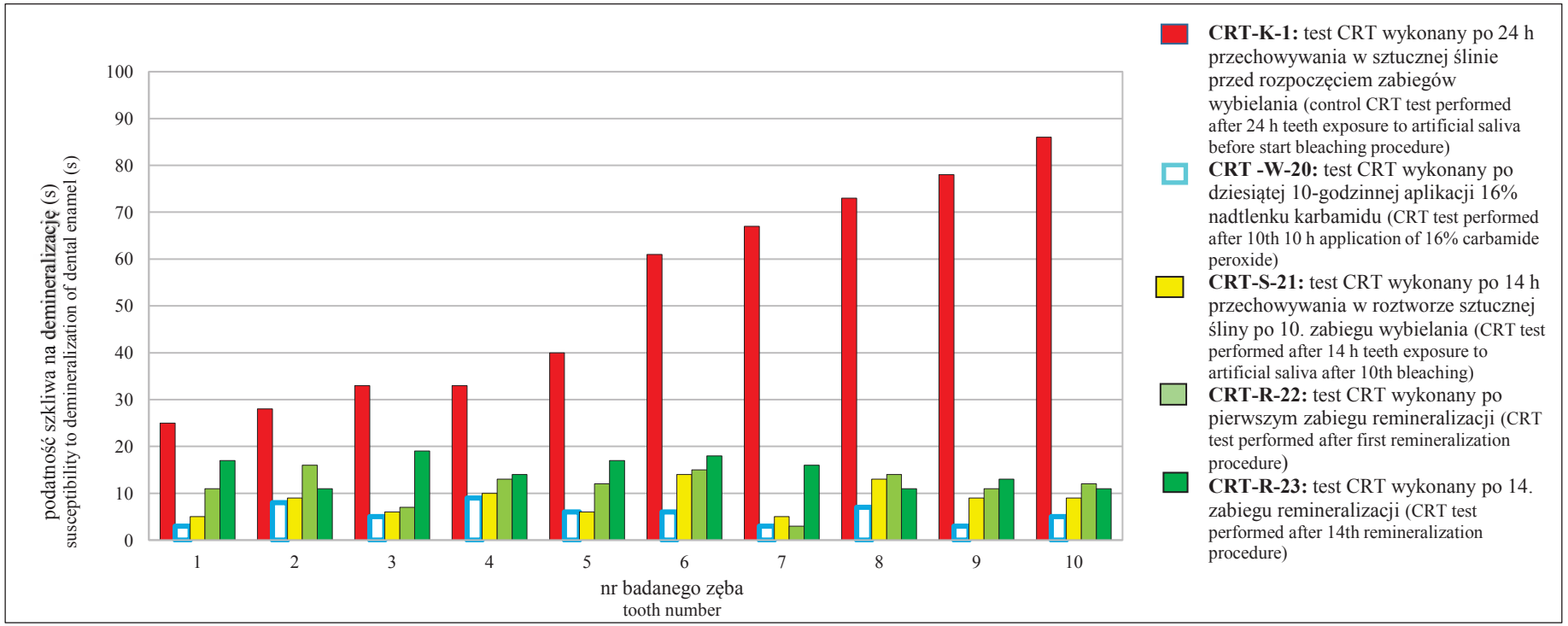
Rycina 7. Zestawienie zmian w podatności szkliwa zębów na demineralizację po zastosowaniu pasty Duraphat® 5000 (CRT-R-22 i CRT-R-23) w odniesieniu do podatności szkliwa stwierdzonej po dziesiątej 10-godzinnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu (CRT-W-20) oraz po 14 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-21) dla każdego z 10 badanych zębów

Figure 7. Results of average susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after use Duraphat® 5000 (CRT-R-22 i CRT-R-23) in reference to susceptibility of dental enamel after 10th 10 h application of 16% carbamide peroxide (CRT-W-20) and after 14 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S-21) for each of 10 teeth



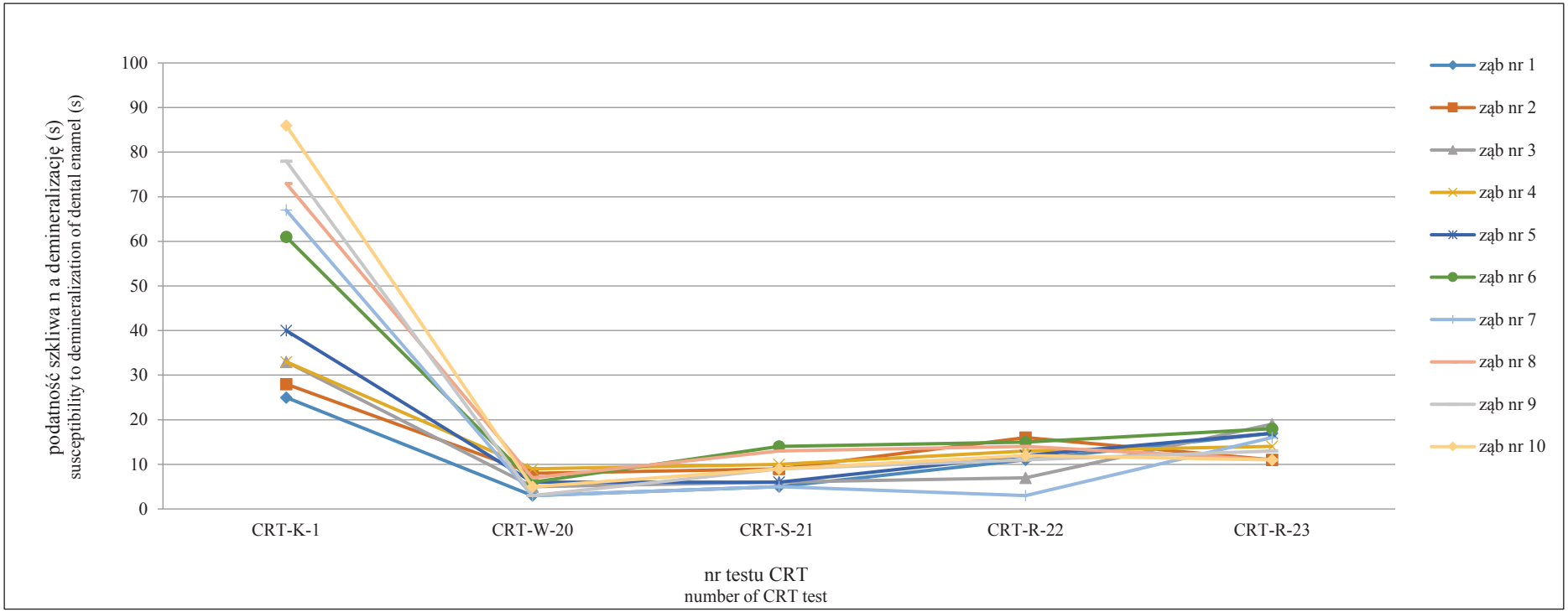
Rycina 8. Zestawienie wartości wybranych testów CRT uzyskanych w przebiegu badania dla poszczególnych zębów wybielanych 16% nadtlenkiem karbamidu 10-krotnie każdorazowo przez 10 godzin oraz remineralizowanych z zastosowaniem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów)

Figure 8. Values of selected CRT test obtained during examination for individual teeth bleached with 16% carbamide peroxide 10-times each by 10 h and remineralized with Duraphat® 5000 (n=10 teeth)
CRT-K-1: test CRT wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-20: test CRT wykonany po dziesiątym 10-godzinnym zabiegu wybielania 16% nadtlenkiem karbamidu (CRT test performed after 10th 10 h application of 16% carbamide peroxide)
CRT-S-21: test CRT wykonany po 14-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny po 10. zabiegu wybielania (CRT test performed after 14 h teeth exposure to artificial saliva after 10th bleaching)
CRT-R-22: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)
CRT-R-23: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)



Rycina 9. Zestawienie zmian w podatności szkliwa zębów na demineralizację po zastosowaniu pasty Sensodyne® (CRT-R-22 i CRT-R-23) w odniesieniu do podatności szkliwa stwierdzonej po dziesiątej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu (CRT-W-20) oraz po 14 godzinach przechowywania w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-21) dla każdego z 10 badanych zębów

Figure 9. Results of average susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after use Sensodyne® (CRT-R-22 i CRT-R-23) in reference to susceptibility of dental enamel after 10th 10 h application of 16% carbamide peroxide (CRT-W-20) and after 14 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S-21) for each of 10 teeth



Rycina 10. Zestawienie wartości wybranych testów CRT uzyskanych w przebiegu badania dla poszczególnych zębów wybielanych 16% nadtlenkiem karbamidu10-krotnie każdorazowo przez 10 godzin oraz remineralizowanych z zastosowaniem pasty Sensodyne® (n=10 zębów)
Figure 10. Values of selected CRT test obtained during examination for individual teeth bleached with 16% carbamide peroxide 10-times each by 10 h and remineralized with Sensodyne® (n=10 teeth)
CRT-K-1: test CRT wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-20: test CRT wykonany po dziesiątym 10-godzinnym zabiegu wybielania 16% nadtlenkiem karbamidu (CRT test performed after 10th 10 h application of 16% carbamide peroxide)
CRT-S-21: test CRT wykonany po 14-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny po 10. zabiegu wybielania (CRT test performed after 14 h teeth exposure to artificial saliva after 10th bleaching)
CRT-R-22: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)
CRT-R-23: test CRT wykonanypo 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)

5.3 Zestawienie wyników badań dotyczących podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanych trzykrotnemu działaniu preparatu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu każdorazowo przez 2 godziny z uwzględnieniem wpływu przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny

W tab. 12 i na ryc. 11 przedstawiono wyniki dotyczące średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) po zastosowaniu 10% nadtlenku karbamidu 3-krotnie, każdorazowo przez 2 h, z uwzględnieniem zmian zachodzących po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny (każdorazowo przez 22 h).

Na podstawie danych zawartych w tab. 12 można stwierdzić, że przed rozpoczęciem zabiegów wybielania, średni czas potrzebny na demineralizację badanego szkliwa wynosił 36,9 s, SD=6,7 s (CRT-K-1). Wartość testów CRT-W, wykonanych każdorazowo po zabiegu wybielania była zawsze istotnie statystycznie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1), co świadczyłoby o istotnie wyższej podatności szkliwa na demineralizację po zabiegach wybielania niż przed ich rozpoczęciem.

Po pierwszej 2-godzinnej ekspozycji zębów na 10% nadtlenek karbamidu, średnia wartość testu CRT wynosiła 24,6 s, SD=3,9 s (CRT-W-2), co świadczyło o wzroście podatności szkliwa na demineralizację o 33,3% w porównaniu do wartości kontrolnej (CRT-K-1). Po 2. ekspozycji na preparat wybielający, podatność szkliwa na demineralizację była wyższa już o 42,8% (CRT-W-4=21,1 s, SD=3,6 s) w porównaniu do wartości kontrolnej, a po 3. ekspozycji podatność ta była wyższa o 54,5% (CRT-W-6=16,8 s, SD=2,2 s).

Analizując kolejno wartości testów CRT-W wykonanych po każdej 2-godzinnej aplikacji żelu wybielającego stwierdzono, że ulegały one stopniowemu obniżeniu i w każdym przypadku były to różnice istotne statystycznie. Po 2. aplikacji żelu wybielającego, podatność szkliwa na demineralizację wzrosła o 14,2% w porównaniu do wartości uzyskanej po pierwszej aplikacji preparatu (CRT-W-2 vs CRT-W-4). Występująca różnica była istotna statystycznie. Podobnie różnice istotnie statystycznie stwierdzono pomiędzy wartościami CRT-W uzyskanymi po 2. (CRT-W-4) i po 3. (CRT-W-6) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa o 20,4%).

Pomiędzy zabiegami wybielania zęby były przechowywane w roztworze sztucznej śliny każdorazowo przez 22 h. Porównując kolejno wartości testów wykonanych po aplikacji żelu na powierzchnię szkliwa (CRT-W) z wartościami testów wykonanych po 22-godzinnym przechowywaniu w roztworze sztucznej śliny (CRT-S) można stwierdzić, że istotne statystycznie różnice występowały pomiędzy wartościami CRT-W-2 a CRT-S-3 (24,6 s, SD=3,9 s vs. 27 s, SD=3,8 s; wzrost o 9,8%), pomiędzy CRT-W-4 a CRT-S-5 (21,1 s, SD=3,6

s vs. 23,4 s, SD=4,3 s; wzrost o 10,9%) oraz pomiędzy CRT-W-6 a CRT-S-7 (16,8 s, SD=2,2 s vs. 22,1 s, SD=2,9 s; wzrost o 31,5%).

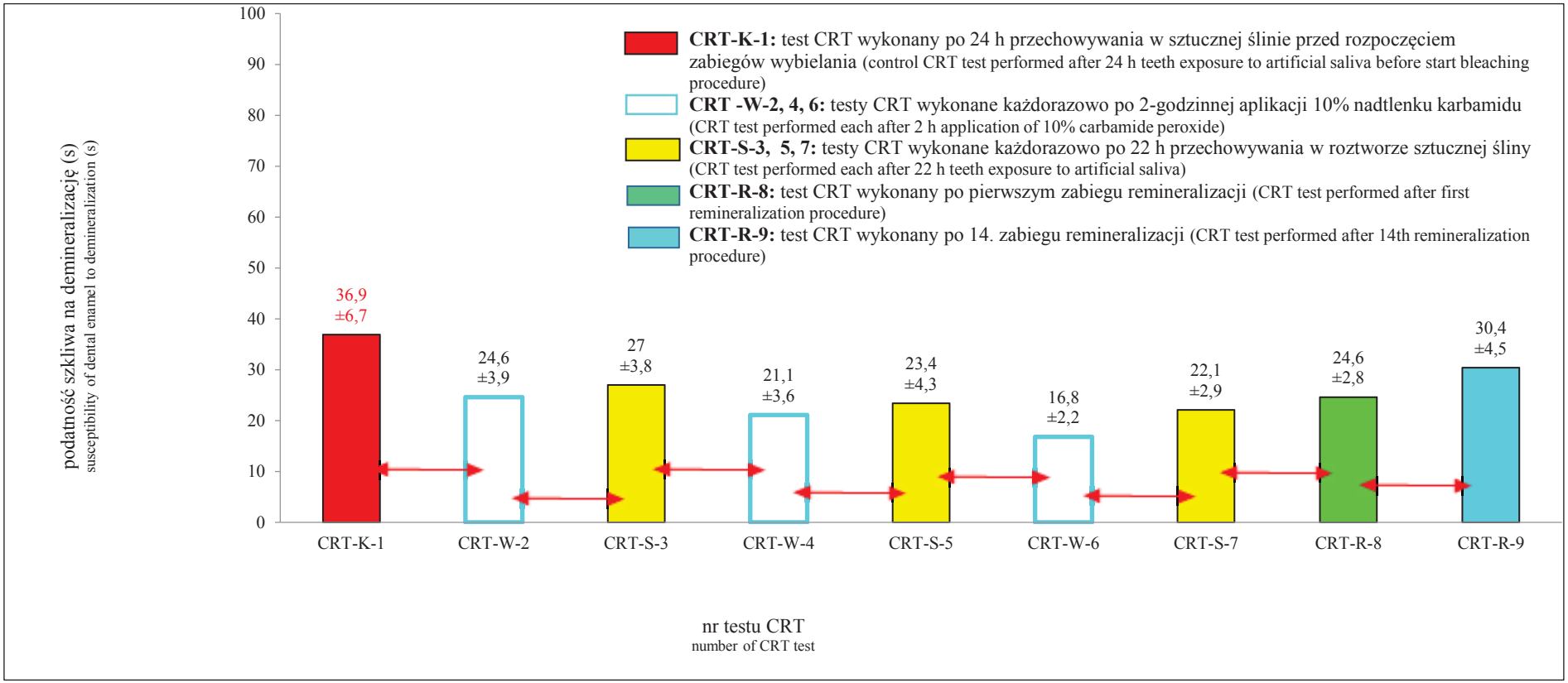
Jak wynika z przedstawionych danych, w każdym z przypadków przechowywanie zębów w roztworze sztucznej śliny po wybielaniu powodowało istotny wzrost wartości CRT-S, co oznaczało istotny spadek podatności szkliwa na demineralizację. Jednak należy zaznaczyć, że wartość testów CRT-S wykonywanych po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny była zawsze istotnie statystycznie niższa niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1) (tab. 12, ryc. 11).

Przedstawione na ryc. 11 dane wskazują na istotny wzrost odporności szkliwa na demineralizację po pierwszym (CRT-R-8) i po 14. zabiegu szczotkowania zębów pastami zawierającymi związki fluoru (CRT-R-9) w stosunku do CRT-S-7, przy czym odporność ta była nadal istotnie niższa niż przed wybielaniem szkliwa (CRT-K-1).

Tabela 12. Wyniki średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1), każdorazowo po 2-godzinnej aplikacji żelu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu oraz każdorazowo po 22 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny
Table 12. Results of average susceptibility teeth enamel to demineralization measured CRT test (s) before start bleaching procedure (CRT-K-1), each after 2 h gel with 10% carbamide peroxide application and each after 22 h exposure teeth to artificial saliva

Liczba zębów (n) Number of teeth (n)	Etap badania Stage study	Podatność szkliwa na demineralizację mierzona testem CRT (s) Susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s)							
		po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny after remove teeth from artificial saliva				po usunięciu z powierzchni szkliwa żelu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu after remove gel with 10% carbamide peroxide from enamel surface			
		Nr testu CRT Number of CRT test	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	Nr testu CRT-W Number of CRT-W test	$\bar{x}$	SD	Zakres Range
20	I	CRT-K-1	36,9[1]	6,7	26-49	CRT-W-2	24,6[2]	3,9	20-37
	II	CRT-S-3	27[3]	3,8	21-34	CRT-W-4	21,1[4]	3,6	15-28
	III	CRT-S-5	23,4[5]	4,3	17-34	CRT-W-6	16,8[6]	2,2	13-21
	IV	CRT-S-7	22,1[7]	2,9	16-27	-	-	-	-

CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-2, 4, 6: testy CRT wykonane każdorazowo po 2-godzinnej aplikacji preparatu wybielającego (CRT tests performed each after 2 h application of bleaching preparations)
CRT-S-3, 5, 7: testy CRT wykonane każdorazowo po 22 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT tests performed each after 22 h teeth exposure to artificial saliva).
Wartości oceniane testem t-Studenta dla wartości zależnych, różniące się istotnie statystycznie:
Values rated t-Student test for dependent values statistically different:
a) **p<0,01**dla: 2-3; 3-5; 4-5;
b) **p<0,001** dla: 1-2; 1-3; 1-4; 1-5; 1-6; 1-7; 2-4; 3-4; 4-6; 5-6; 6-7;



Rycina 11. Wyniki średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację, mierzonej testem CRT (s) przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1), każdorazowo po 2-godzinnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu (CRT-W), każdorazowo po 22-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S) oraz po pierwszym i po 14. zabiegu remineralizacji (CRT-R).

↔ różnica istotna statystycznie

Figure 11. Results of average susceptibility teeth enamel to demineralization measured CRT test (s) before start bleaching procedure (CRT-K-1), each after 2 hgel with 10% carbamide peroxide application (CRT-W), each after 22 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S) and after first and 14th remineralization

5.3.1 Analiza zmian zachodzących w podatności szkliwa na demineralizację po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny oraz po zabiegach remineralizacji szkliwa z wykorzystaniem dwóch różnych preparatów zawierających związki fluoru

W tab. 13 zestawiono średnie wartości testów CRT (s) wykonanych po pierwszym i 14. zabiegu remineralizacji zarówno z użyciem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów) jak i pasty Sensodyne® (n=10 zębów). W tabeli uwzględniono także wyniki uzyskane dla tych zębów w badaniu kontrolnym (CRT-K-1), po trzeciej 2-godzinnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu (CRT-W-6) i po 22 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-7).

Wyniki remineralizacji z zastosowaniem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów)

Dane zawarte w tab. 13 wskazują, że średnia wartość testu CRT po pierwszym szczotkowaniu pastą Duraphat® 5000, wynosiła 26,2 s, SD=2,3 s (CRT-R-8), natomiast średnia wartość testu CRT-R-9 wykonanego po 14. zabiegu szczotkowania istotnie wzrosła i wynosiła 32,7 s, SD=4,1 s (różnica istotna statystycznie). Oznaczało to, że po tygodniu zarówno stosowania pasty Duraphat® 5000 jak i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, czas potrzebny na demineralizację szkliwa uległ wydłużeniu o 24,8%. Jednak porównując wyniki testów CRT-R-8 i CRT-R-9 do wyniku testu wykonanego przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1) można stwierdzić, że były one istotnie niższe, przy czym po pierwszym zabiegu remineralizacji o 28% (CRT-R-8), a po 14. zabiegu remineralizacji o 10,2% (CRT-R-9).

Odnosząc wyniki testu CRT-R-8 (uzyskane po pierwszym szczotkowaniu) i CRT-R-9 (po 14. zabiegu szczotkowania) do wyników testu uzyskanych bezpośrednio po 22 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny po zakończonych zabiegach wybielania (CRT-S-7) można stwierdzić, że średnia wartość testu CRT-R-8 była wyższa tylko o 18,6% (różnica nieistotna statystycznie), natomiast CRT-R-9 była wyższa o 48% (różnica istotna statystycznie).

W porównaniu do testu CRT-W-6 (wykonanego po 3. zabiegu wybielania), średnie wartości testów CRT-S-7, CRT-R-8 oraz CRT-R-9 były istotnie wyższe - po 22-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny o 34,8% (CRT-S-7), po pierwszym szczotkowaniu o 59,8% (CRT-R-8), a po 14. szczotkowaniu o 99,4% (CRT-R-9).

Na ryc. 12 zestawiono zmiany w podatności szkliwa na demineralizację po zastosowaniu pasty Duraphat®5000 dla poszczególnych badanych zębów. W zestawieniu uwzględniono także podatności szkliwa stwierdzone po 3. aplikacji 10% nadtlenku karbamidu i po 22 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny. Z przedstawionych danych wynika, że dla 8 badanych zębów, wartość wyjściowa (CRT-K-1) była wartością najwyższą w porównaniu do

pozostałych wyników. W przypadku 2 zębów wartość CRT-K-1 była niższa od CRT-R-9. Dla każdego z 10 badanych zębów, wartość testu CRT wykonanego po 14. szczotkowaniu (CRT-R-9) była wyższa od testu CRT-R-8 wykonanego po pierwszym szczotkowaniu.

Porównując wyniki testu CRT-W-6 (po 3. cyklu wybielania) z wynikami testu CRT-S-7 (po 22 h kontaktu wybielonych uprzednio zębów ze sztuczną śliną) stwierdzono, że w przypadku 10 zębów wartość testu CRT-S-7 wzrosła. Natomiast porównując wyniki testu CRT-S-7 z wynikami testu CRT-R-8 (wykonanego po pierwszym szczotkowaniu zębów pastą Duraphat® 5000) stwierdzono, że w przypadku 9 zębów wartość CRT-R-8 była wyższa, w przypadku 1 zęba nie uległa zmianie.

Na ryc. 13 przedstawiono, jak rozkładały się wartości testów CRT-K-1, CRT-W-6, CRT-S-7, CRT-R-8 i CRT-R-9 uzyskane dla poszczególnych zębów poddanych szczotkowaniu pastą Duraphat® 5000 (n=10).Po wykonaniu testu kontrolnego (CRT-K-1) można stwierdzić, że czas potrzebny na demineralizację szkliwa w przypadku każdego z 10 zębów był zróżnicowany i mieścił się w zakresie od 29 do 49 s (rozstęp=20 s).Natomiast po 3. zabiegu wybielania czas potrzebny na demineralizację w przypadku każdego z badanych zębów obniżył się i mieścił się w zakresie od 14 do 20 s, a rozstęp wynosił 6 s (CRT-W-6). Po 22 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny czas potrzebny na demineralizację szkliwa mieścił się w zakresie od 16 do 27 s, rozstęp=11 s (CRT-S-7). Po pierwszym zabiegu remineralizacji czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów pozostał nadal obniżony i mieścił się w zakresie od 23 do 29 s, rozstęp=6 s (CRT-R-8). Natomiast po 14. szczotkowaniu czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów uległ powiększeniu i mieścił się w zakresie od 28 do 41 s (CRT-R-9), rozstęp był na poziomie 13 s.

Wyniki remineralizacji z zastosowaniem pasty Sensodyne® (n=10 zębów)

Dane zawarte w tab. 13 wskazują, że średnia wartość testu CRT po pierwszym szczotkowaniu pastą Sensodyne®, wynosiła 23 s, SD=2,5 s (CRT-R-8), natomiast średnia wartość testu CRT-R-9 wykonanego po 14. zabiegu szczotkowania istotnie wzrosła i wynosiła 28 s, SD=3,8 s. Oznaczało to, że po tygodniu zarówno stosowania pasty Sensodyne® jak i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, czas potrzebny na demineralizację szkliwa uległ wydłużeniu o 21,7%. Jednak porównując wyniki testów CRT-R-8 i CRT-R-9 do wyniku testu wykonanego przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1) można stwierdzić, że były one nadal istotnie niższe, przy czym po pierwszym zabiegu remineralizacji o 38,5% (CRT-R-8), a po 14. zabiegu remineralizacjio 25,1% (CRT-R-9).

Odnosząc wyniki testu CRT-R-8 uzyskane po pierwszym szczotkowaniu i CRT-R-9 (po 14. zabiegu szczotkowania) do wyników testu uzyskanych bezpośrednio po 22 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny po zakończonych zabiegach wybielania (CRT-S-7) można stwierdzić, że średnia wartość testu CRT-R-8 była wyższa tyko o 4,1% (różnica nieistotna), natomiast CRT-R-9 była wyższa o 26,7% (różnica istotna statystycznie).

W porównaniu do testu CRT-W-6 (wykonanego po 3. zabiegu wybielania), średnie wartości testów CRT-S-7, CRT-R-8 oraz CRT-R-9 były istotnie wyższe - po 22-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny o 28,5% (CRT-S-7), po pierwszym szczotkowaniu o 33,7% (CRT-R-8), a po 14. szczotkowaniu o 62,8% (CRT-R-9).

Na ryc. 14 zestawiono zmiany w podatności szkliwa na demineralizację po zastosowaniu pasty Sensodyne® dla poszczególnych badanych zębów. W zestawieniu uwzględniono także podatności szkliwa stwierdzone po 3. aplikacji 10% nadtlenku karbamidu i po 22 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny. Z przedstawionych danych wynika, że dla 8 badanych zębów, wartość wyjściowa (CRT-K-1) była wartością najwyższą w porównaniu do pozostałych wyników. W przypadku 2 zębów wartość CRT-K-1 była niższa od CRT-R-9. Dla 8 badanych zębów, wartość testu CRT wykonanego po 14. szczotkowaniu (CRT-R-9) była wyższa od testu CRT-R-8 wykonanego po pierwszym szczotkowaniu, dla 1 niższa, dla 1 pozostała bez zmiany. Porównując wyniki testu CRT-W-6 (po 3. cyklu wybielania) z wynikami testu CRT-S-7 (po 22 h kontaktu wybielonych uprzednio zębów ze sztuczną śliną) stwierdzono, że w przypadku 10 zębów wartość testu CRT-S-7 wzrosła. Natomiast porównując wyniki testu CRT-S-7 z wynikami testu CRT-R-8 (wykonanego po pierwszym szczotkowaniu zębów pastą Sensodyne®) stwierdzono, że w przypadku 8 zębów wartość CRT-R-8 była wyższa, w przypadku 1 zęba nie uległa zmianie i w przypadku 1 zęba obniżyła się.

Na ryc. 15 przedstawiono, jak rozkładały się wartości testów CRT-K-1, CRT-W-6, CRT-S-7, CRT-R-8 i CRT-R-9 uzyskane dla poszczególnych zębów poddanych szczotkowaniu pastą Sensodyne® (n=10).Po wykonaniu testu kontrolnego (CRT-K-1) można stwierdzić, że czas potrzebny na demineralizację szkliwa w przypadku każdego z 10 zębów był zróżnicowany i mieścił się w zakresie od 26 do 49 s (rozstęp=23 s). Natomiast po 3. zabiegu wybielania czas potrzebny na demineralizację obniżył się w przypadku każdego z badanych zębów i mieścił się w zakresie od 13 do 21 s, rozstęp=8 s (CRT-W-6). Po 22 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny czas potrzebny na demineralizację szkliwa mieścił się w zakresie od 18 do 26 s, rozstęp=8 s (CRT-S-7). Po pierwszym zabiegu remineralizacji czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów pozostał nadal obniżony i mieścił się w zakresie od 19 do 27 s, rozstęp=8 s (CRT-R-8).

Natomiast po 14. szczotkowaniu czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów uległ powiększeniu i mieścił się w zakresie od 23 do 34 s, rozstęp=11 s (CRT-R-9).

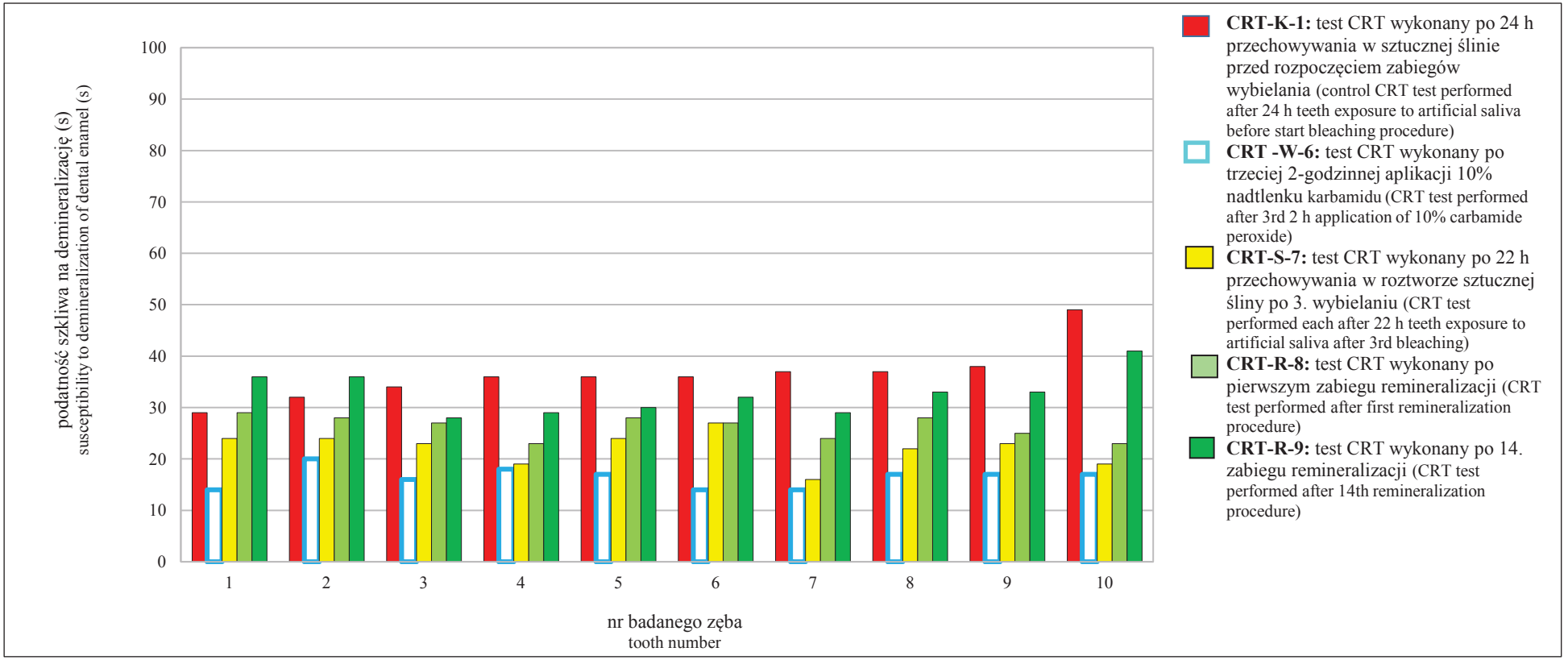
Tabela 13. Zestawienie średnich wartości podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) po pierwszym i po 14. zabiegu remineralizacji w odniesieniu do wyników podatności szkliwa zębów stwierdzonej w badaniu kontrolnym (CRT-K-1), po trzeciej 2-godzinnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu (CRT-W-6) oraz po 22 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-7)

Table 13. Data of average values of susceptibility of dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after first and 14th remineralization in reference to results of susceptibility dental enamel detected in control examination (CRT-K-1), after 3rd 2 h application of 10% carbamide peroxide (CRT-W-20) and after 22 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S-7)

Rodzaj zastosowanego preparatu do remineralizacji Applied remineralization preparations	Liczbazębów (n) Number of teeth (n)	Podatność zębów na demineralizację badana testem CRT(s) w przypadku zastosowania 10% nadtlenku karbamidu 3-krotnie każdorazowo przez 2 godziny, którą stwierdzono: Susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) in case of application 10% carbamide peroxide 3-times each by 2 h which found:														
		po pierwszym zabiegu remineralizacji after first remineralization procedure			po 14. zabiegu remineralizacji after 14th remineralization procedure			przed rozpoczęciem zabiegów wybielania before start bleaching procedure			po 22 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny po 3. Zabiegu wybielania after 22 h teeth exposure to artificial saliva after 3rd bleaching procedure			po 3. zabiegu wybielania after 3rd bleaching procedure		
		CRT-R-8			CRT-R-9			CRT-K-1			CRT-S-7			CRT-W-6		
		$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range
Duraphat® 5000	10	26,2[1]	2,3	23-29	32,7[2]	4,1	28-41	36,4[3]	5,2	29-49	22,1[4]	3,2	16-27	16,4[5]	2,0	14-20
Sensodyne®	10	23[6]	2,5	19-27	28[7]	3,8	23-34	37,4[8]	8,1	26-49	22,1[9]	2,8	18-26	17,2[10]	2,5	13-21

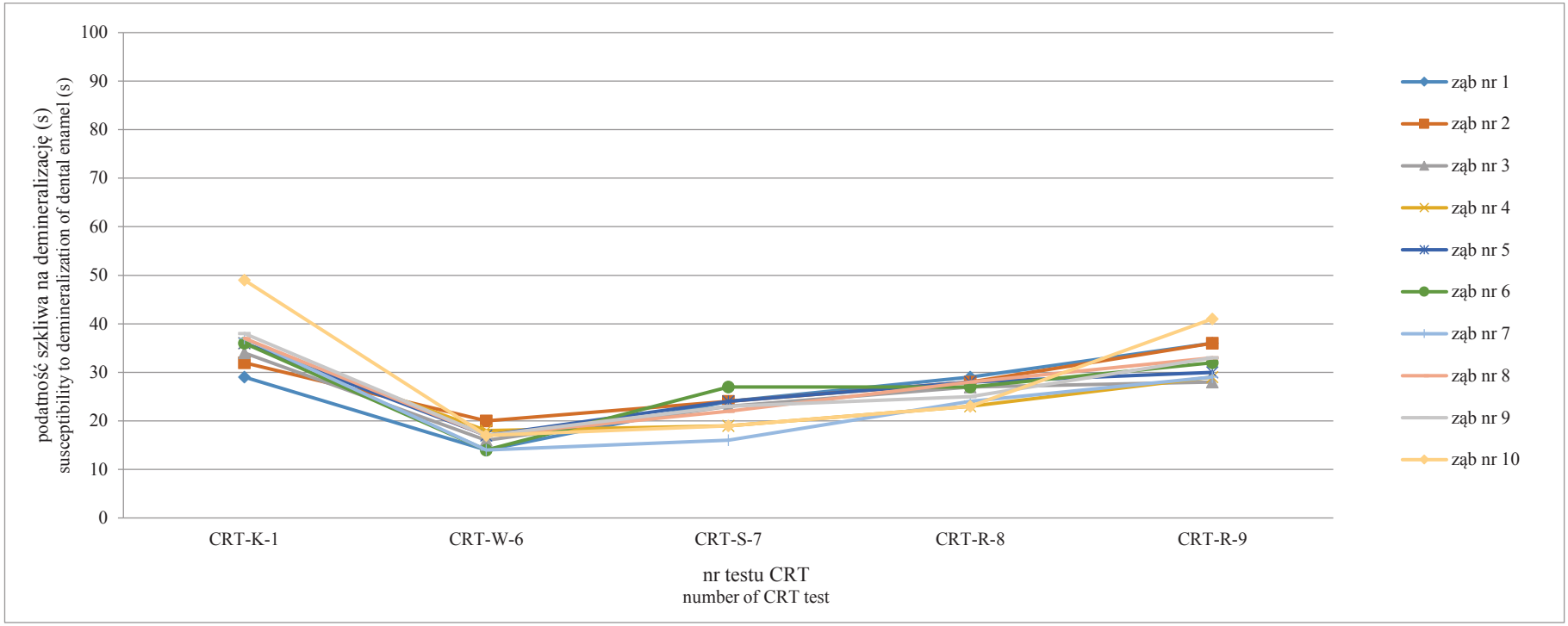
CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-6: test CRT wykonany po trzecim 2-godzinnym zabiegu wybielania 10% nadtlenkiem karbamidu (CRT test sperformed after 3rd 2 h application of 10% carbamide peroxide)
CRT-S-7: test CRT wykonany po 22 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny po 3. wybielaniu (CRT test performed after 22 h teeth exposure to artificial salivaafter 3rd bleaching)
CRT-R-8: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)
CRT-R-9: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji **(**CRT test performed after 14th remineralization procedure)

Wartości oceniane testem t-Studenta dla wartości zależnych, różniące się istotnie statystycznie:
Values rated t-Student test for dependent values statistically different:
a) **p<0,05** dla: 2-3;
b) **p<0,01** dla: 6-7; 7-8; 7-9; 9-10;
c) **p<0,001** dla: 1-2; 1-3; 1-5; 2-4; 2-5; 3-4; 3-5; 4-5; 6-8; 6-10; 7-10; 8-9; 8-10;



Rycina 12. Zestawienie zmian w podatności szkliwa zębów na demineralizację po zastosowaniu pasty Duraphat® 5000 (CRT-R-8 i CRT-R-9) w odniesieniu do podatności szkliwa stwierdzonej po trzeciej 2-godzinnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu (CRT-W-6) oraz po 22 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-7) dla każdego z 10 badanych zębów

Figure 12. Results of average susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after use Duraphat® 5000 (CRT-R-8 i CRT-R-9) in reference to susceptibility of dental enamel after 3rd 2 hours application of 10% carbamide peroxide (CRT-W-20) and after 22 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S-21) for each of 10 teeth



Rycina 13. Zestawienie wartości wybranych testów CRT uzyskanych w przebiegu badania dla poszczególnych zębów wybielanych 10% nadtlenkiem karbamidu 3-krotnie każdorazowo przez 2 godziny oraz remineralizowanych z zastosowaniem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów)

Figure 13. Values of selected CRT test obtained during examination for individual teeth bleached with 10% carbamide peroxide 3-times each by 2 h and remineralized with Duraphat® 5000 (n=10 teeth)

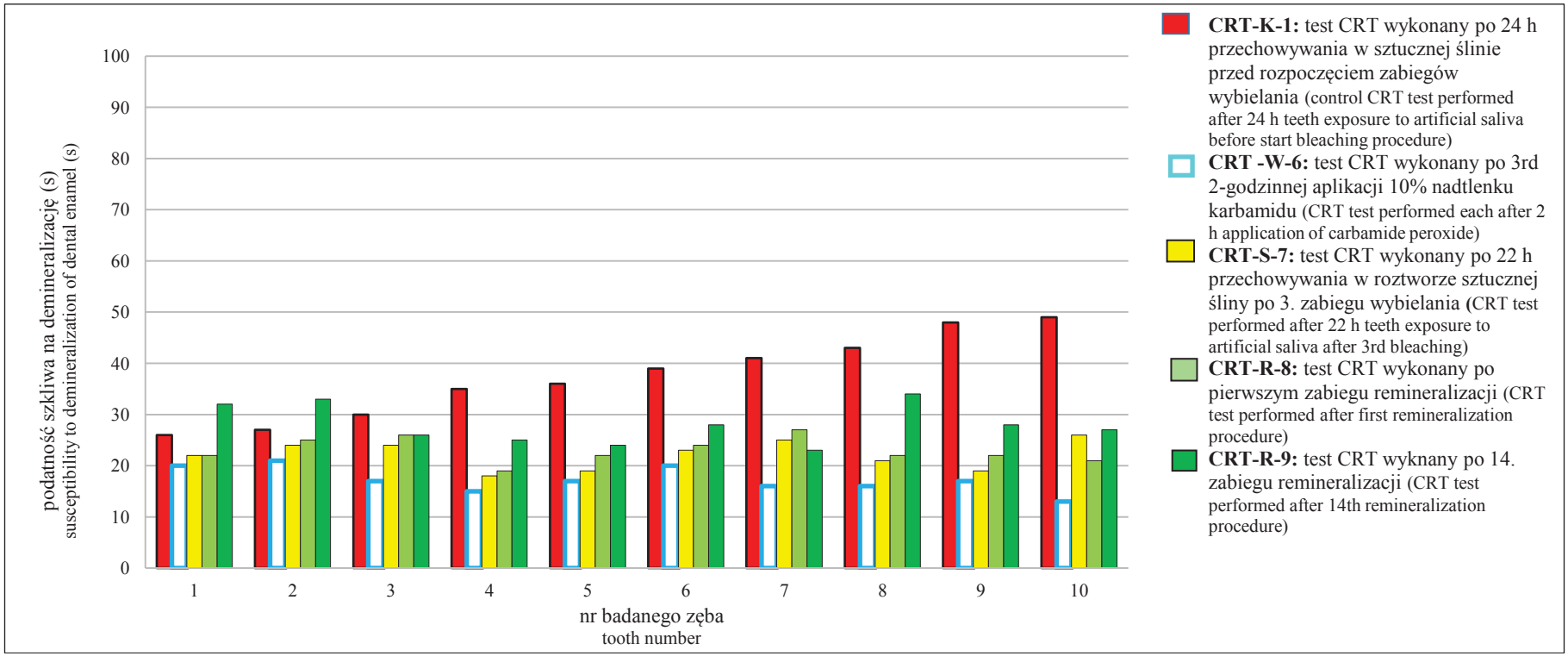
CRT-K-1: test CRT wykonany po 24 h przechowywaniazębów w roztworze sztucznej śliny, przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)

CRT-W-6: test CRT wykonany po trzecim 2-godzinnym zabiegu wybielania 10% nadtlenkiem karbamidu (CRT test performed after 3rd 2 h application of 10% carbamide peroxide)

CRT-S-7: test CRT wykonany po 22-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny po 3. zabiegu wybielania (CRT test performed each after 22 h exposure of teeth to artificial saliva)

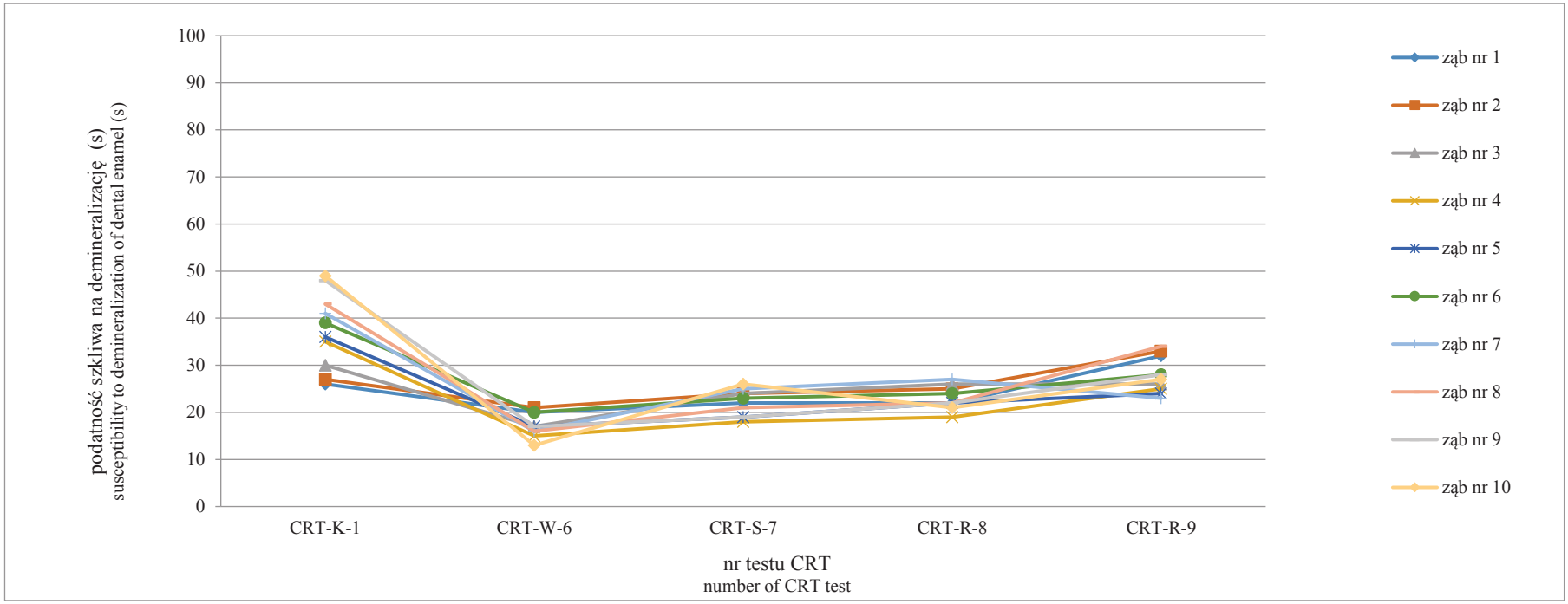
CRT-R-8: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)

CRT-R-9: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)



Rycina 14. Zestawienie zmian w podatności szkliwa zębów na demineralizację po zastosowaniu pasty Sensodyne® (CRT-R-8 i CRT-R-9) w odniesieniu do podatności szkliwa stwierdzonej po trzeciej 2-godzinnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu (CRT-W-6) oraz po 22 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-7) dla każdego z 10 badanych zębów

Figure 14. Results of average susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after use Sensodyne® (CRT-R-8 i CRT-R-9) in reference to susceptibility of dental enamel after 3rd 2 h application of 10% carbamide peroxide (CRT-W-20) and after 22 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S-21) for each of 10 teeth



Rycina 15. Zestawienie wartości wybranych testów CRT uzyskanych w przebiegu badania dla poszczególnych zębów wybielanych 10% nadtlenkiem karbamidu 3-krotnie każdorazowo przez 2 godziny oraz remineralizowanych z zastosowaniem pasty Sensodyne® (n=10 zębów)

Figure 15. Values of selected CRT test obtained during examination for individual teeth bleached with 10% carbamide peroxide 3-times each by 2 h and remineralized with Sensodyne® (n=10 teeth)

CRT-K-1: test CRT wykonanypo 24 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)

CRT-W-6: test CRT wykonany po trzecim 2-godzinnym zabiegu wybielania 10% nadtlenkiem karbamidu (CRT test performed after 3rd 2 h application of 10% carbamide peroxide)

CRT-S-7: test CRT wykonany po 22-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny po 3. zabiegu wybielania (CRT test performed after 22 h teeth exposure to artificial saliva after 3rd bleaching)

CRT-R-8: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)

CRT-R-9: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)

5.4 Zestawienie wyników badań dotyczących podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanych trzykrotnemu działaniu preparatu zawierającego 16% nadtlenek karbamidu każdorazowo przez 4 godziny z uwzględnieniem wpływu przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny

W tab. 14 i na ryc. 16 przedstawiono wyniki dotyczące średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) po zastosowaniu 16% nadtlenku karbamidu 3-krotnie, każdorazowo przez 4 h z uwzględnieniem zmian zachodzących po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny (każdorazowo przez okres 18 h).

Na podstawie danych zawartych w tab. 14 można stwierdzić, że przed rozpoczęciem zabiegów wybielania, średni czas potrzebny na demineralizację badanego szkliwa wynosił 45,7 s, SD=10,2 s (CRT-K-1).Wartość testów CRT-W, wykonanych każdorazowo po zabiegu wybielania była zawsze istotnie statystycznie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1), co świadczyłoby o istotnie wyższej podatności szkliwa na demineralizację po zabiegach wybielania niż przed ich rozpoczęciem.

Po pierwszej 4-godzinnej ekspozycji zębów na 16% nadtlenek karbamidu, średnia wartość testu CRT wynosiła 30,1 s, SD=6,6 s (CRT-W-2), co świadczyło o wzroście podatności szkliwa na demineralizację o 34,1% w porównaniu do wartości kontrolnej (CRT-K-1). Po 2. ekspozycji na preparat wybielający, podatność szkliwa na demineralizację była wyższa już o 53,4% (CRT-W-4=21,3 s, SD=4,6 s) w porównaniu do wartości kontrolnej, a po 3. ekspozycji podatność ta była wyższa o 56,9% (CRT-W-6=19,7 s, SD=2,5 s).

Analizując kolejno wartości testów CRT-W wykonanych po każdej 4-godzinnej aplikacji żelu wybielającego stwierdzono, że ulegały one stopniowemu obniżeniu i w każdym przypadku były to różnice istotne statystycznie. Po 2. aplikacji żelu wybielającego, podatność szkliwa na demineralizację wzrosła o 29,2% w porównaniu do wartości uzyskanej po pierwszej aplikacji preparatu (CRT-W-2 vs. CRT-W-4). Występująca różnica była istotna statystycznie. Podobnie różnice istotnie statystycznie stwierdzono pomiędzy wartościami CRT-W uzyskanymi po 2. (CRT-W-4) i po 3. (CRT-W-6) zabiegu wybielania (wzrost podatności szkliwa na demineralizację o 7,5%).

Pomiędzy zabiegami wybielania zęby były przechowywane w roztworze sztucznej śliny każdorazowo przez 18 h. Porównując kolejno wartości testów wykonanych po aplikacji żelu na powierzchnię szkliwa (CRT-W) z wartościami testów wykonanych po 18-godzinnym przechowywaniu w roztworze sztucznej śliny (CRT-S) można stwierdzić, że różnice istotne statystycznie występowały jedynie pomiędzy wartościami CRT-W-4 i CRT-S-5 (21,3 s, SD=4,6 s vs. 27,2 s, SD=4,6 s; wzrost wartości testu CRT-S-5 o 27,7%). Jak wynika z

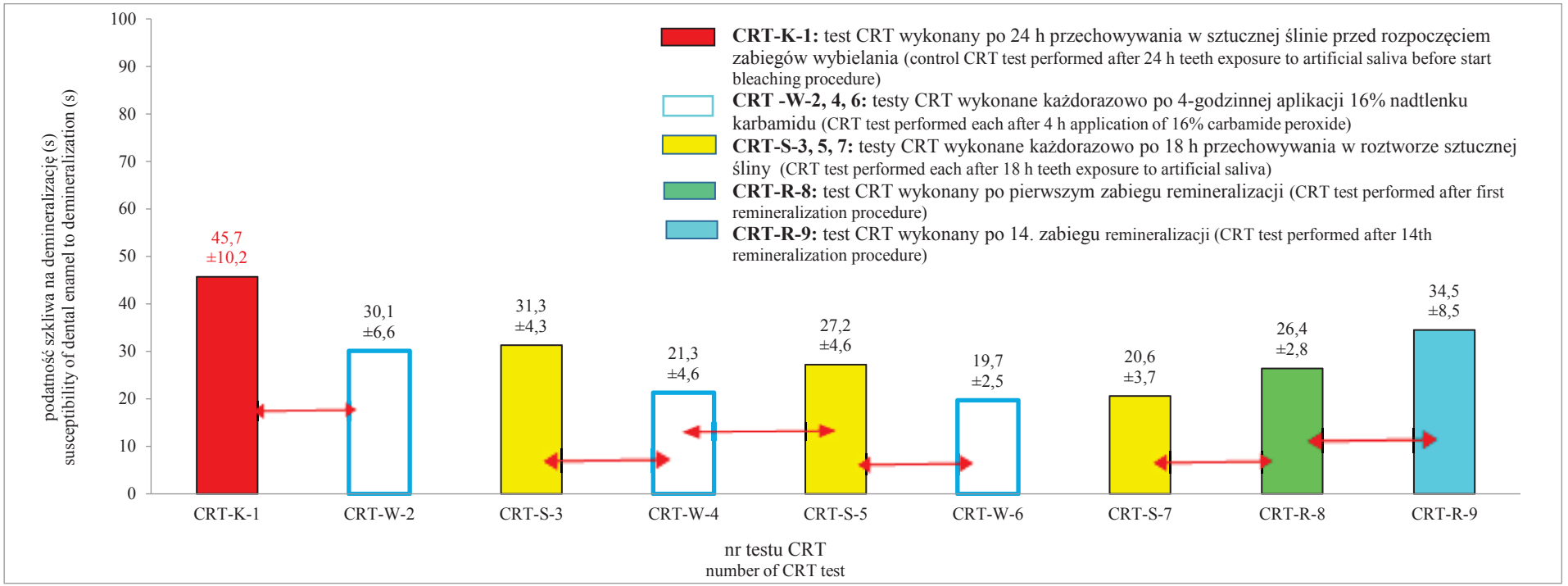
przedstawionych danych, 18-godzinne przechowywanie zębów w roztworze sztucznej śliny po 2. zabiegu wybielania,spowodowało istotny wzrost wartości CRT-S, co oznaczało istotny spadek podatności szkliwa na demineralizację. Należy zaznaczyć, że wartość testów CRT-S wykonywanych po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny była zawsze istotnie statystycznie niższa niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1) (tab. 14, ryc. 16).

Przedstawione na ryc. 16 dane wskazują na istotny wzrost odporności szkliwa na demineralizację po pierwszym (CRT-R-8) i po 14. zabiegu szczotkowania zębów pastami zawierającymi związki fluoru (CRT-R-9) wobec CRT-S-7, przy czym odporność ta była nadal istotnie niższa niż przed rozpoczęciem wybielania szkliwa (CRT-K-1).

Tabela 14. Wyniki średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s), przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1), każdorazowo po 4-godzinnej aplikacji żelu zawierającego 16% nadtlenek karbamidu oraz każdorazowo po 18 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny
Table 14. Results of average susceptibility teeth enamel to demineralization measured by the CRT test (s) before start of bleaching procedure (CRT-K-1), each after 4 h gel with 16% carbamide peroxide applicationand each after 18 h teeth exposure to artificial saliva

Liczba zębów (n) Number of teeth (n)	Etap badania Stage study	Podatność szkliwa na demineralizację mierzona testem CRT (s) Susceptibility dental enamel to demineralization measured by the CRT test (s)							
		po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny after remove teeth from artificial saliva				po usunięciu z powierzchni szkliwa żelu zawierającego 16% nadtlenkiem karbamidu after remove gel with 16% carbamide peroxide from enamel surface			
		Nr testu CRT Number of CRT test	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	Nr testu CRT-W Number of CRT-W test	$\bar{x}$	SD	Zakres Range
20	I	CRT-K-1	45,7[1]	10,2	30-70	CRT-W-2	30,1[2]	6,6	21-47
	II	CRT-S-3	31,3[3]	4,3	26-40	CRT-W-4	21,3[4]	4,6	13-32
	III	CRT-S-5	27,2[5]	4,6	19-37	CRT-W-6	19,7[6]	2,5	14-24
	IV	CRT-S-7	20,6[7]	3,7	11-25				

CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-2, 4, 6: testy CRT wykonane każdorazowo po 4-godzinnej aplikacji preparatu wybielającego (CRT tests performed each after 4 h application of bleaching preparations)
CRT-S-3, 5, 7: testy CRT wykonane każdorazowo po 18 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny po aplikacji preparatu wybielającego (CRT tests performed each after 18 h teeth exposure to artificial saliva)
Wartości oceniane testem t-Studenta dla wartości zależnych, różniące się istotnie statystycznie:
Values rated t-Student test for dependent values statistically different:
a) **p<0,05** dla: 4-6;
b) **p<0,001** dla: 1-2; 1-3; 1-4; 1-5; 1-6; 1-7; 2-4; 3-4; 3-5; 4-5; 5-6; 5-7;



Rycina 16. Wyniki średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację, mierzonej testem CRT (s) przed rozpoczęciem zabiegów wybielania(CRT-K-1), każdorazowo po 4-godzinnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu (CRT-W), każdorazowo po 18-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S) oraz po pierwszym i po 14. zabiegu remineralizacji (CRT-R)

↔ różnica istotna statystycznie

Figure 16. Results of average susceptibility teeth enamel to demineralization measured CRT test (s) before start bleaching procedure (CRT-K-1), each after 4 hgel with 16% carbamide peroxide application (CRT-W), each after 18 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S) and after first and 14th remineralization (CRT-R)

5.4.1 Analiza zmian zachodzących w podatności szkliwa na demineralizację po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny oraz po zabiegach remineralizacji szkliwa z wykorzystaniem dwóch różnych preparatów zawierających związki fluoru

W tab. 15 zestawiono średnie wartości testów CRT (s) wykonanych po pierwszym i 14. zabiegu remineralizacji zarówno z użyciem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów) jak i pasty Sensodyne® (n=10 zębów). W tabeli uwzględniono także wyniki uzyskane dla tych zębów w badaniu kontrolnym (CRT-K-1), po trzeciej 4-godzinnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu (CRT-W-6) i po 18 h przechowywania zębów w sztucznej ślinie (CRT-S-7).

Wyniki remineralizacji z zastosowaniem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów)

Dane zawarte w tab. 15 wskazują, że średnia wartość testu CRT po pierwszym szczotkowaniu pastą Duraphat® 5000, wynosiła 27,2 s, SD=2,3 s (CRT-R-8), natomiast średnia wartość testu CRT-R-9 wykonanego po 14. zabiegu szczotkowania istotnie wzrosła i wynosiła 38,8 s, SD=9,4 s (różnica istotna statystycznie). Oznaczało to, że po tygodniu zarówno stosowania pasty Duraphat® 5000 jak i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, czas potrzebny na demineralizację szkliwa uległ wydłużeniu aż o 42,6%. Jednak porównując wyniki testów CRT-R-8 i CRT-R-9 do wyniku testu wykonanego przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1) można stwierdzić, że były one nadal istotnie niższe, przy czym po pierwszym zabiegu remineralizacji o 44,5% (CRT-R-8), a po 14. zabiegu remineralizacji o 20,8% (CRT-R-9).

Odnosząc wyniki testu CRT-R-8 uzyskane po pierwszym szczotkowaniu i wyniki CRT-R-9 (po 14. zabiegu szczotkowania) do wyników testu uzyskanych bezpośrednio po 22 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny po zakończonych zabiegach wybielania (CRT-S-7) można stwierdzić, że średnia wartość testu CRT-R-8 była wyższa o 34,7%, natomiast CRT-R-9 była wyższe o 92,1% (różnice istotne statystycznie).

W porównaniu do testu CRT-W-6 (wykonanego po 3. zabiegu wybielania), średnie wartości testów CRT-S-7, CRT-R-8 oraz CRT-R-9 były wyższe - po 18-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny o 3,1% (CRT-S-7) (różnica nieistotna statystycznie), po pierwszym szczotkowaniu o 38,8% (CRT-R-8), a po 14. szczotkowaniu o 98% (CRT-R-9) (różnice istotne statystycznie).

Na ryc. 17 zestawiono zmiany w podatności szkliwa na demineralizację po zastosowaniu pasty Duraphat® 5000 dla poszczególnych badanych zębów. W zestawieniu uwzględniono także podatności szkliwa stwierdzone po 3. aplikacji 16% nadtlenku karbamidu i po 18 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny. Z przedstawionych danych wynika, że dla 9 badanych zębów, wartość wyjściowa (CRT-K-1) była wartością najwyższą w porównaniu do

pozostałych wyników. W przypadku jednego zęba wartość CRT-K-1 była niższa od CRT-R-9. W przypadku 9 zębów, wartość testu CRT wykonanego po 14. szczotkowaniu (CRT-R-9) była wyższa od testu CRT-R-8 wykonanego po pierwszym szczotkowaniu. W przypadku 1 zęba wartość CRT-R-9 była niższa od CRT-R-8.

Porównując wyniki testu CRT-W-6 (po 3. cyklu wybielania) z wynikami testu CRT-S-7 (po 18 h kontaktu wybielonych uprzednio zębów ze sztuczną śliną) stwierdzono, że w przypadku 7 zębów wartość testu CRT-S-7 wzrosła, dla 3 zębów obniżyła się. Natomiast porównując wyniki testu CRT-S-7 z wynikami testu CRT-R-8 (wykonanego po pierwszym szczotkowaniu zębów pastą Duraphat® 5000) stwierdzono, że w przypadku wszystkich 10 zębów wartość testu CRT-R-8 była wyższa.

Na ryc. 18 przedstawiono jak rozkładały się wartości testów CRT-K-1, CRT-W-6, CRT-S-7, CRT-R-8 i CRT-R-9 uzyskane dla poszczególnych zębów poddanych szczotkowaniu pastą Duraphat® 5000 (n=10). Po wykonaniu testu kontrolnego (CRT-K-1) można stwierdzić, że czas potrzebny na demineralizację szkliwa w przypadku każdego z 10 zębów był zróżnicowany i mieścił się w zakresie od 30 do 70 s (rozstęp=40 s). Natomiast po 3. zabiegu wybielania czas potrzebny na demineralizację w przypadku każdego z badanych zębów obniżył się i mieścił się w zakresie od 16 do 24 s, a rozstęp wynosił 8 s (CRT-W-6). Po 18 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny czas potrzebny na demineralizację szkliwa mieścił się w zakresie od 11 do 25 s, rozstęp=14 s (CRT-S-7). Po pierwszym zabiegu remineralizacji czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów pozostał nadal obniżony w porównaniu do wartości kontrolnych i mieścił się w zakresie od 22 do 30 s, a rozstęp wynosił 8 s (CRT-R-8). Po 14. zabiegu remineralizacji czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów był bardziej zróżnicowany i mieścił się w zakresie od 25 do 55 s, a rozstęp wynosił już 30 s (CRT-R-9).

Wyniki remineralizacji z zastosowaniem pasty Sensodyne® (n=10 zębów)

Dane zawarte w tab. 15 wskazują, że po pierwszym szczotkowaniu pastą Sensodyne®, średnia wartość testu CRT wynosiła 25,5 s, SD=3,1 s (CRT-R-8), średnia wartość testu CRT wykonanego po 14. szczotkowaniu (CRT-R-9) wynosiła 30,2 s, SD=4,7 s (różnica istotna statystycznie). Można więc stwierdzić, że po 14 zabiegach remineralizacji pastą Sensodyne® i wielogodzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny pomiędzy tymi zabiegami, wartość testu wzrosła o 18,4% w porównaniu do efektów uzyskanych po pierwszym zabiegu remineralizacji. Jednocześnie porównując wyniki testów CRT-R-8 i CRT-R-9 do wartości testu wykonanego przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1) można stwierdzić, że pozostały one istotnie niższe, przy czym po pierwszym zabiegu remineralizacji o 39,7% (CRT-R-8), a po 14. zabiegu remineralizacji o 28,6% (CRT-R-9).

Odnosząc wyniki testów CRT-R-8 (po pierwszym szczotkowaniu) i CRT-R-9 (po 14. szczotkowaniu) do wyników uzyskanych bezpośrednio po 18 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-7) można stwierdzić, że były istotnie wyższe - średnia wartość CRT-R-8 wzrosła o 22%, natomiast wartość CRT-R-9 była wyższa o 44,5%.

W porównaniu do testu CRT-W-6 (wykonanego po 3. zabiegu wybielania), średnie wartości testów CRT-S-7, CRT-R-8 oraz CRT-R-9 były wyższe, przy czym po 18 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny o 6,1% (CRT-S-7) (różnica nieistotna statystycznie), po pierwszym szczotkowaniu o 29,4% (CRT-R-8), a po 14. szczotkowaniu o 53,3% (CRT-R-9) (różnice istotne statystycznie).

Na ryc. 19 zestawiono zmiany w podatności szkliwa na demineralizację po zastosowaniu pasty Sensodyne® dla poszczególnych badanych zębów. W zestawieniu uwzględniono także podatności szkliwa stwierdzone po 3. aplikacji 16% nadtlenku karbamidu i po 18 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny. Z przedstawionych danych wynika, że dla każdego z 10 badanych zębów, wartość wyjściowa (CRT-K-1) była wartością najwyższą w porównaniu do pozostałych wyników. W przypadku każdego z 10 zębów, wartość testu CRT wykonanego po 14. szczotkowaniu (CRT-R-9) była wyższa od testu CRT-R-8 wykonanego po pierwszym szczotkowaniu pastą Sensodyne®. Natomiast wartość testu CRT-R-8 w przypadku każdego zęba była wyższa od CRT-S-7, czyli po 18 h kontaktu wybielonych uprzednio zębów ze sztuczną śliną. Porównując wyniki testu CRT-W-6 (po 3. cyklu wybielania) z wynikami testu CRT-S-7, stwierdzono, że w przypadku 7 zębów wartość testu CRT-S-7 wzrosła, dla 3 zębów obniżyła się.

Na ryc. 20 przedstawiono, jak rozkładały się wartości testów CRT-K-1, CRT-W-6, CRT-S-7, CRT-R-8 i CRT-R-9 uzyskane dla poszczególnych zębów poddanych szczotkowaniu pastą Sensodyne® (n=10). Po wykonaniu testu kontrolnego (CRT-K-1) można stwierdzić, że czas potrzebny na demineralizację szkliwa w przypadku każdego z 10 zębów był zróżnicowany i mieścił się w zakresie od 34 do 58 s (rozstęp=24 s). Natomiast po 3. zabiegu wybielania czas potrzebny na demineralizację w przypadku każdego z badanych zębów obniżył się i mieścił się w zakresie od 14 do 23s, a rozstęp wynosił 9 s (CRT-W-6). Po 18 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny czas potrzebny na demineralizację szkliwa pozostawał obniżony i mieścił się w podobnym zakresieod 14 do 24 s, rozstęp=10 s (CRT-S-7). Po pierwszym zabiegu remineralizacji czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów pozostał nadal obniżony w porównaniu do wartości kontrolnych i mieścił się w zakresie od 21 do 33 s, rozstęp wynosił 12 s (CRT-R-8).

Po 14. zabiegu remineralizacji czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów mieścił się w zakresie od 25 do 39 s, a rozstęp wynosił 14 s (CRT-R-9).

Tabela 15. Zestawienie wartości podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) stwierdzonej po pierwszym i po 14. zabiegu remineralizacji w odniesieniu do podatności szkliwa zębów stwierdzonej w badaniu kontrolnym (CRT-K-1), po trzeciej 4-godzinnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu (CRT-W-6) i po 18 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-7)

Table 15. Data of average values of susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after first and fourteenth remineralization in reference to results of susceptibility dental enamel detected in control examination (CRT-K-1), after 3rd 4 h application of 16% carbamide peroxide (CRT-W-20) and after 18 hteeth exposure to artificial saliva (CRT-S-7)

Rodzaj zastosowanego preparatu do remineralizacji Applied remineralization preparations	Liczba zębów (n) Number of teeth (n)	Podatność szkliwa na demineralizację badana testem CRT(s) w przypadku zastosowania 16% nadtlenku karbamidu trzykrotnie każdorazowo przez 4 godziny, którą stwierdzono: Susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) in case of application 16% carbamideperoxide 3-times each by 2 h which found:														
		po pierwszym zabiegu remineralizacji after first remineralization procedure			po 14. zabiegu remineralizacji after 14th remineralization procedure			przed rozpoczęciem zabiegów wybielania before start bleaching procedure			po 18 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny po 3. zabiegu wybielania after 18 h teeth exposure to artificial saliva after 3rd bleaching procedure			po 3. zabiegu wybielania after 3rd bleaching procedure		
		CRT-R-8			CRT-R-9			CRT-K-1			CRT-S-7			CRT-W-6		
		$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range
Duraphat® 5000	10	27,2[1]	2,3	22-30	38,8[2]	9,4	25-55	49[3]	11,5	30-70	20,2[4]	4,2	11-25	19,6[5]	2,5	16-24
Sensodyne®	10	25,5[6]	3,1	21-33	30,2[7]	4,7	25-39	42,3[8]	7,9	34-58	20,9[9]	3,4	14-24	19,7[10]	2,7	14-23

CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (controlCRT test performed after 24 h teethexposure to artificial saliva before start bleaching procedure)

CRT-W-6: test CRT wykonany po trzecim 4-godzinnym zabiegu wybielania 16% nadtlenkiem karbamidu (CRT test performed after 3rd 4 h application of 16% carbamide peroxide)

CRT-S-7: test CRT wykonany po 18 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny po 3. wybielaniu (CRT test performed after 18 h teeth exposure to artificial saliva after 3rd bleaching)

CRT-R-8: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)

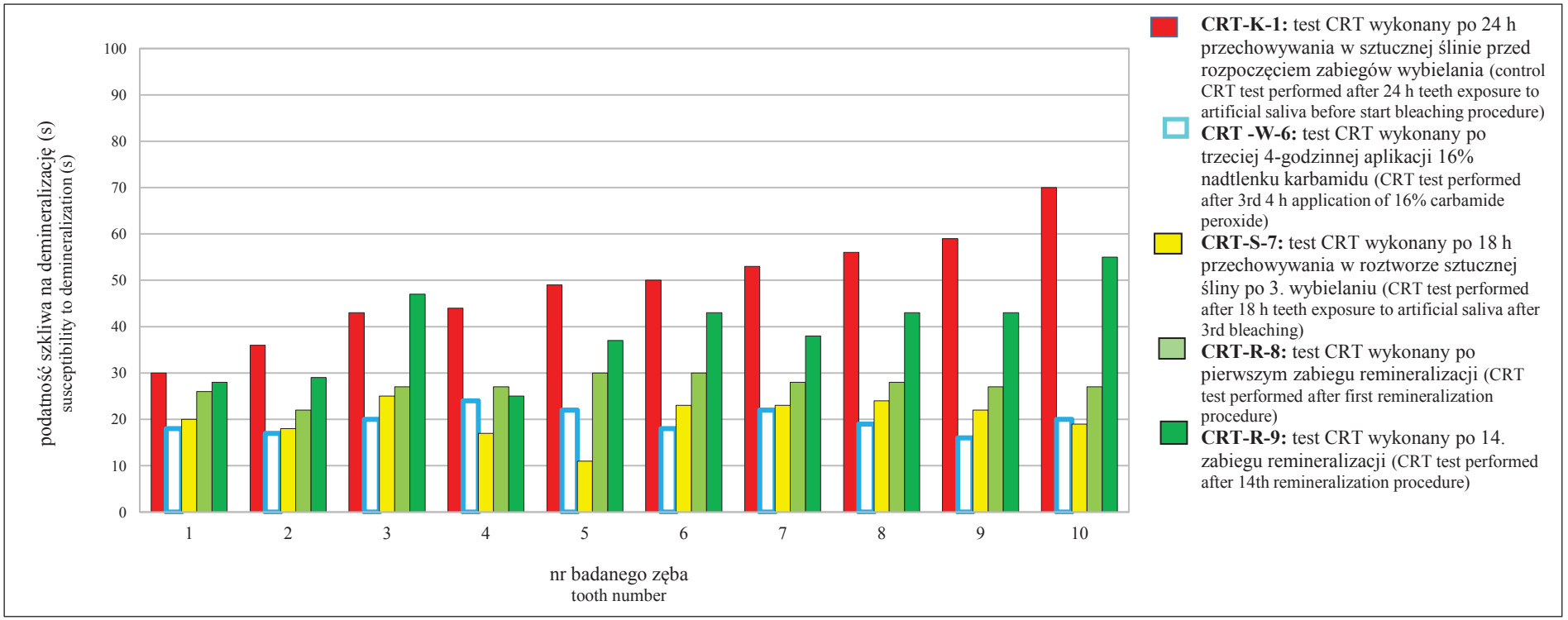
CRT-R-9: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)

Wartości oceniane testem t-Studenta dla wartości zależnych, różniące się istotnie statystycznie:

Values rated t-Student test for dependent values statistically different:

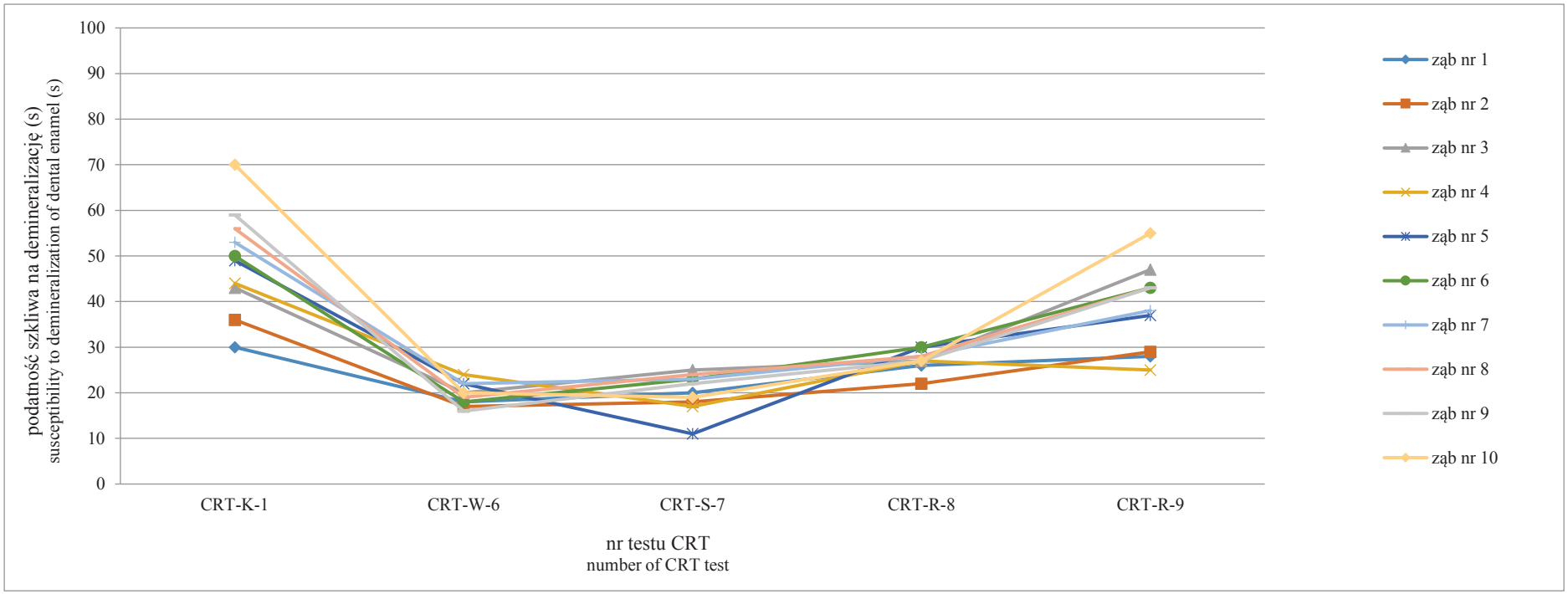
a) **p<0,01** dla: 1-2;

b) **p<0,001** dla: 1-3;1-4; 1-5; 2-3; 2-4; 2-5; 3-4; 3-5; 6-7; 6-8; 6-9; 6-10; 7-8; 7-9; 7-10; 8-9; 8-10;



Rycina 17. Zestawienie zmian w podatności szkliwa zębów na demineralizację po zastosowaniu pasty Duraphat® 5000 (CRT-R-8 i CRT-R-9) w odniesieniu do podatności szkliwa stwierdzonej po trzeciej 4-godzinnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu (CTR-W-6) oraz po 18 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-7) dla każdego z 10 badanych zębów

Figure 17. Results of average susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after use Duraphat® 5000 (CRT-R-8 i CRT-R-9) in reference to susceptibility of dental enamel after 4 h application of 16% carbamide peroxide (CRT-W-6) and after 18 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S-7) for each of 10 teeth



Rycina 18. Zestawienie wartości wybranych testów CRT uzyskanych w przebiegu badania dla poszczególnych zębów wybielanych 16% nadtlenkiem karbamidu 3-krotnie każdorazowo przez 4 godziny oraz remineralizowanych z zastosowaniem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów)

Figure 18. Values of selected CRT test obtained during examination for individual teeth bleached with 16% carbamide peroxide 3-times each by 4 h and remineralized with Duraphat® 5000 (n=10 teeth)

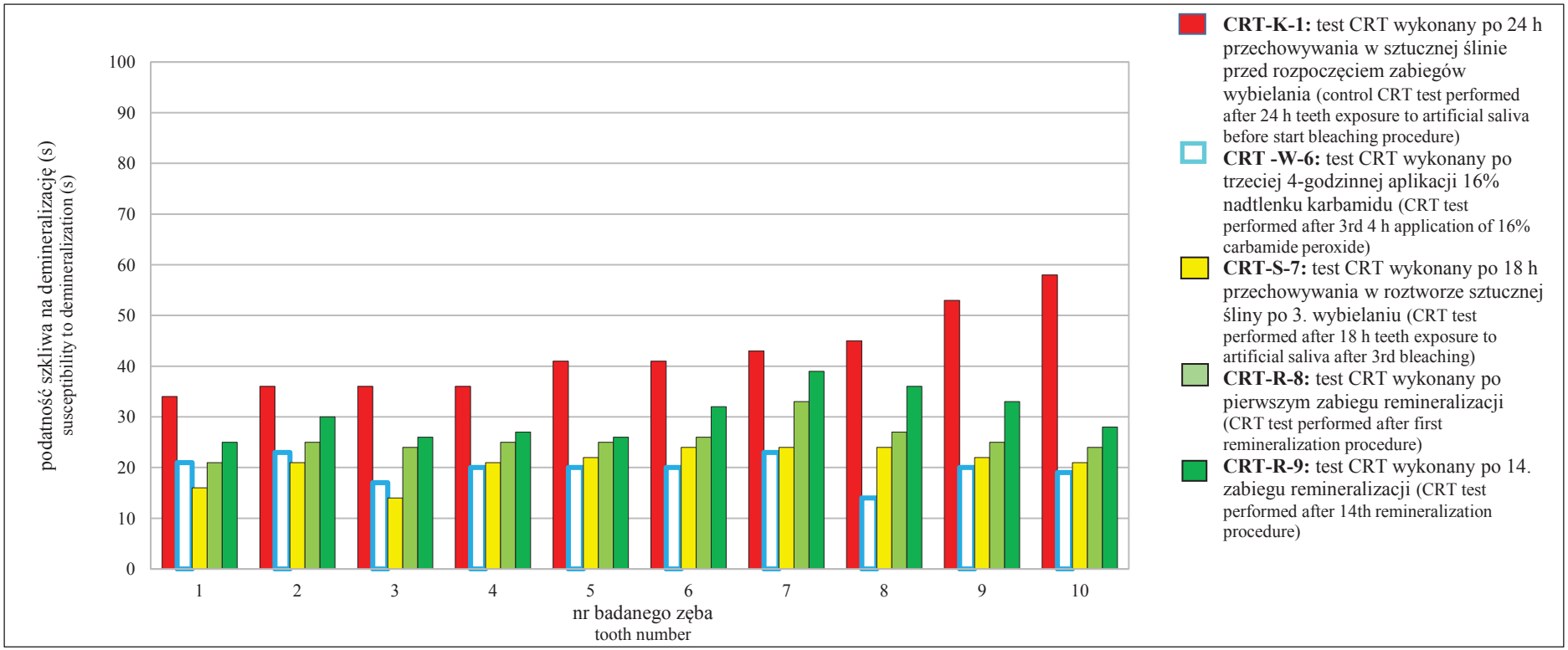
CRT-K-1: test CRT wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teethexposure to artificial saliva before start bleaching procedure)

CRT-W-6: test CRT wykonany po trzecim 4-godzinnym zabiegu wybielania 16% nadtlenkiem karbamidu (CRT test performed after 3rd 4 h application of 16% carbamide peroxide)

CRT-S-7: test CRT wykonany po 18-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny po 3. zabiegu wybielania (CRT test performedafter 18 h teeth exposure to artificial saliva after 3rd bleaching)

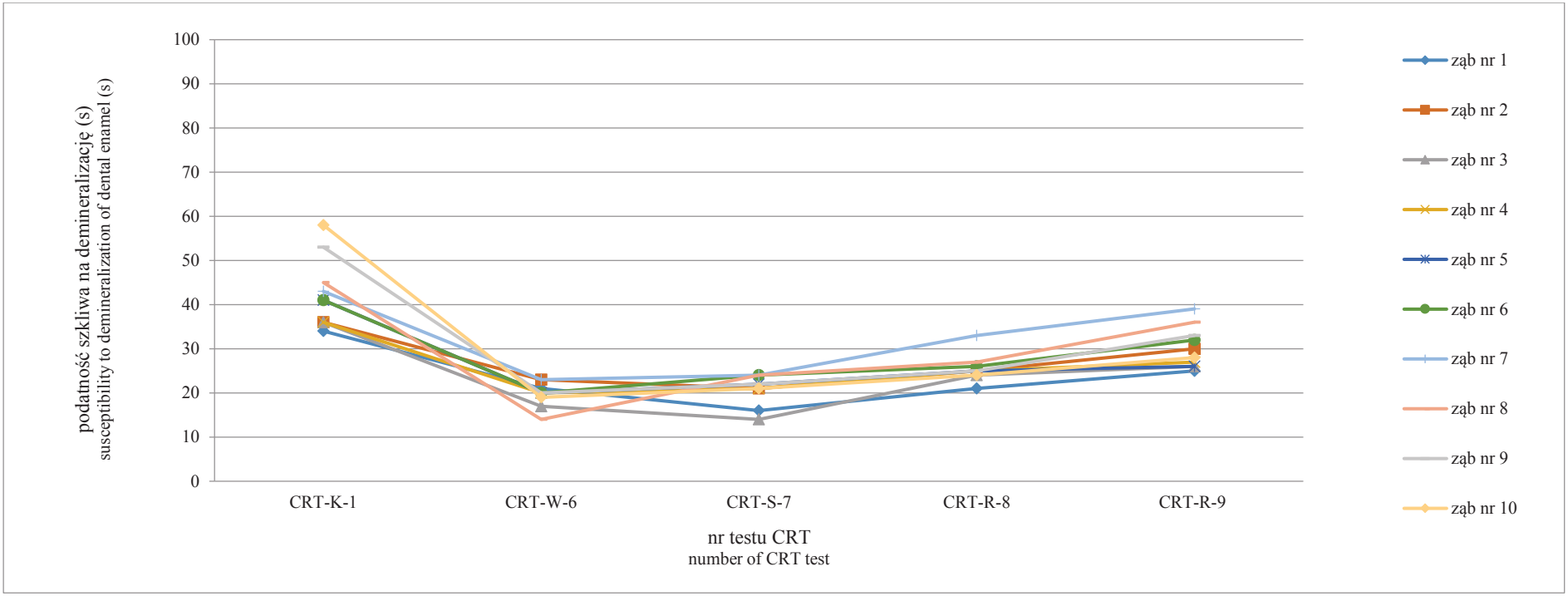
CRT-R-8: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)

CRT-R-9: test CRT wykonanypo 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)



Rycina 19. Zestawienie zmian w podatności szkliwa zębów na demineralizację po zastosowaniu pasty Sensodyne® (CRT-R-8 i CRT-R-9) w odniesieniu do podatności szkliwa stwierdzonej po trzeciej 4-godzinnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu (CRT-W-6) oraz po 18 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-7) dla każdego z 10 badanych zębów

Figure 19. Results of average susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after use Sensodyne® (CRT-R-8 i CRT-R-9) in reference to susceptibility of dental enamel after 3rd 4 h application of 16% carbamide peroxide (CRT-W-6) and after 18 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S-7) for each of 10 teeth



Rycina 20. Zestawienie wartości wybranych testów CRT uzyskanych w przebiegu badania dla poszczególnych zębów wybielanych 16% nadtlenkiem karbamidu 3-krotnie każdorazowo przez 4 godziny oraz remineralizowanych z zastosowaniem pasty Sensodyne® (n=10 zębów)
Figure 20. Values of selected CRT test obtained during examination for individual teeth bleached with 16% carbamideperoxide 3-times each by 4 h and remineralized with Sensodyne®
(n=10 teeth)
CRT-K-1: test CRT wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-6: test CRT wykonany po trzecim 4-godzinnym zabiegu wybielania 16% nadtlenkiem karbamidu (CRT test performed after 3rd 4 h application of 16% carbamide peroxide)
CRT-S-7: test CRT wykonany po 18-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny po 3. zabiegu wybielania (CRT test performed after 18 h teeth exposure to artificial saliva after 3rd bleaching)
CRT-R-8: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)
CRT-R-9: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)

5.5 Zestawienie wyników badań dotyczących podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanych trzykrotnemu działaniu preparatu zawierającego 35% nadtlenek wodoru każdorazowo przez 10 minut z uwzględnieniem wpływu przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny

W tab. 16 i na ryc. 21 przedstawiono wyniki dotyczące średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) po zastosowaniu 35% nadtlenku wodoru 3-krotnie każdorazowo przez 10 min, z uwzględnieniem zmian zachodzących po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny (każdorazowo przez 20 h).

Na podstawie danych zawartych w tab. 16 można stwierdzić, że przed rozpoczęciem zabiegów wybielania, średni czas potrzebny na demineralizację badanego szkliwa wynosił 33,5 s, SD=7,2 s (CRT-K-1). Wartość testów CRT-W, wykonanych każdorazowo po zabiegu wybielania była zawsze istotnie statystycznie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1), co świadczyłoby o istotnie wyższej podatności szkliwa na demineralizację po zabiegach wybielania niż przed ich rozpoczęciem.

Po pierwszej 10-minutowej ekspozycji zębów na 35% nadtlenek wodoru, średnia wartość testu CRT wynosiła 21,3 s, SD=6,2 s (CRT-W-2), co świadczyło o wzroście podatności szkliwa na demineralizację o 36,4% w porównaniu do wartości kontrolnej (CRT-K-1). Po 2. ekspozycji na preparat wybielający, podatność szkliwa na demineralizację była wyższa już o 51,3% (CRT-W-4=16,3 s, SD=3,4 s) w porównaniu do wartości kontrolnej, a po 3. ekspozycji podatność ta była wyższa o 54,3% (CRT-W-6=15,3 s, SD=4 s).

Analizując kolejno wartości testów CRT-W wykonanych po każdej 10-minutowej aplikacji żelu wybielającego stwierdzono, że ulegały one stopniowemu obniżeniu. Po 2. aplikacji żelu, podatność szkliwa na demineralizację wzrosła o 23,5% w porównaniu do wartości uzyskanej po pierwszej aplikacji preparatu i była to różnica istotna statystycznie (CRT-W-2 vs. CRT-W-4). Różnice występujące pomiędzy wartościami CRT-W uzyskanymi po 2. (CRT-W-4) i po 3. (CRT-W-6) zabiegu wybielania nie były istotne statystycznie (wzrost podatności szkliwa na demineralizację o 6,1%).

Pomiędzy zabiegami wybielania zęby były przechowywane w roztworze sztucznej śliny każdorazowo przez 20 h. Porównując kolejno wartości testów wykonanych po aplikacji żelu na powierzchnię szkliwa (CRT-W) z wartościami testów wykonanych po 20-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S) można stwierdzić, że istotne statystycznie różnice występowały pomiędzy wartościami CRT-W-4 i CRT-S-5 (16,3 s, SD=3,4 s vs. 22,4 s, SD=4,1 s; wzrost o 37,4%) oraz pomiędzy CRT-W-6 i CRT-S-7 (15,3 s, SD=4 s vs. 23,4 s, SD=5,3 s; wzrost o 52,9%). Jak wynika z przedstawionych danych, w

większości przypadków przechowywanie zębów w roztworze sztucznej śliny po wybielaniu powodowało istotny wzrost wartości CRT-S, co oznaczało istotny spadek podatności szkliwa na demineralizację. Jednak należy zaznaczyć, że wartość testów CRT-S wykonywanych po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny była zawsze istotnie statystycznie niższa niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1) (tab. 16, ryc. 21).

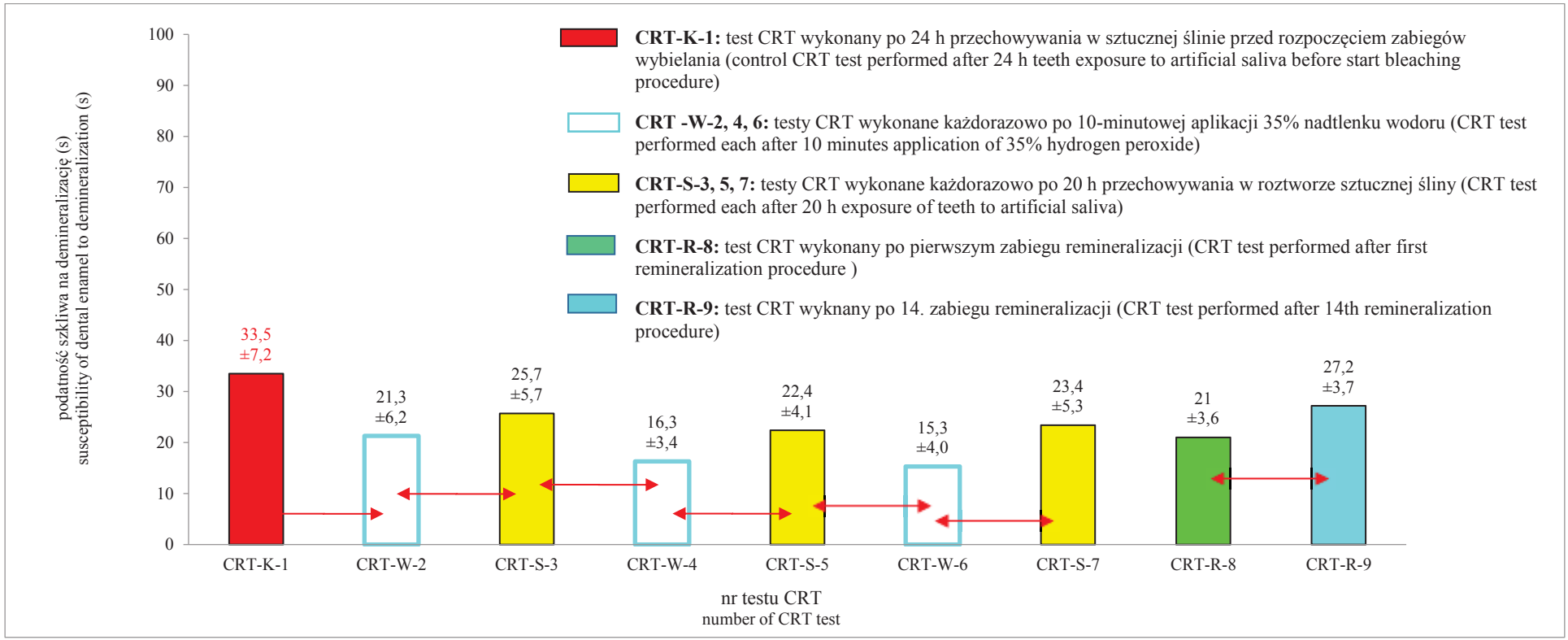
Przedstawione na ryc. 21 dane wskazują na wzrost odporności szkliwa na demineralizację po 14 zabiegach szczotkowania zębów pastami zawierającymi związki fluoru (CRT-R-9), przy czym odporność ta była nadal istotnie niższa niż przed wybielaniem szkliwa (CRT-K-1).

Tabela 16. Wyniki średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1), każdorazowo po 10-minutowej aplikacji żelu zawierającego 35% nadtlenek wodoru oraz każdorazowo po 20 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny
Table 16. Results of average susceptibility teeth enamel to demineralization measured CRT test (s) before start bleaching procedure (CRT-K-1), each after 10 minutes gel with 35% hydrogen peroxide application and each after 20 h exposure of teeth to artificial saliva

Liczba zębów (n) Number of teeth (n)	Etap badania Stage study	Podatność szkliwa na demineralizację mierzona testem CRT (s) Susceptibility dental enamel to demineralization measured by the CRT test (s)							
		po wyjęciu zębów z roztworusztucznej śliny after remove teeth from artificial saliva				po usunięciu z powierzchni szkliwa żelu zawierającego 35% nadtlenek wodoru after remove gel with 35% hydrogen peroxide from enamel surface			
		Nr testu CRT Number of CRT test	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	Nr testu CRT-W Number of CRT-W test	$\bar{x}$	SD	Zakres Range
20	I	CRT-K-1	33,5[1]	7,2	25-48	CRT-W-2	21,3[2]	6,2	14-35
	II	CRT-S-3	25,7[3]	5,7	18-42	CRT-W-4	16,3[4]	3,4	9-23
	III	CRT-S-5	22,4[5]	4,1	17-33	CRT-W-6	15,3[6]	4,0	9-24
	IV	CRT-S-7	23,4[7]	5,3	13-33	-	-	-	-

CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-2, 4, 6: testy CRT wykonane każdorazowo po 10-minutowej aplikacji preparatu wybielającego (CRT tests performed each after 10 minutes application of bleaching preparations)
CRT-S-3, 5, 7: testy CRT wykonane każdorazowo po 20 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT tests performed each after 20 h teeth exposure to artificial saliva)

Wartości oceniane testem t-Studenta dla wartości zależnych, różniące się istotnie statystycznie:
Values rated t-Student test for dependent values statistically different:
a) **p<0,05** dla: 3-5;
b) **p<0,001** dla: 1-2; 1-3; 1-4; 1-5;1-6; 1-7; 2-3; 2-4; 3-4; 4-5; 5-6; 6-7;



Rycina 21. Wyniki średniej podatności szkliwa zębów na demineralizację, mierzonej testem CRT (s) przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1), każdorazowo po 10-minutowej aplikacji 35% nadtlenku wodoru (CRT-W), każdorazowo po 20-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny (CRT-S) oraz po pierwszym i po 14. zabiegu remineralizacji (CRT-R) ⟷ różnica istotna statystycznie

Figure 21. Results of average susceptibility teeth enamel to demineralization measured CRT test (s) before start bleaching procedure (CRT-K-1), each after 10 minutes gel with 35% hydrogen peroxide application (CRT-W), each after 20 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S) and after first and 14. remineralization (CRT-R)

5.5.1 Analiza zmian zachodzących w podatności szkliwa na demineralizację po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny oraz po zabiegach remineralizacji szkliwa z wykorzystaniem dwóch różnych preparatów zawierających związki fluoru

W tab. 17 zestawiono średnie wartości testów CRT (s) wykonanych po pierwszym i po 14. zabiegu remineralizacji zarówno z użyciem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów) jak i pasty Sensodyne® (n=10 zębów). W tabeli uwzględniono także wyniki uzyskane dla tych zębów w badaniu kontrolnym (CRT-K-1), po trzeciej 10-minutowej aplikacji 35% nadtlenku wodoru (CRT-W-6) i po 20 h przechowywania zębów w sztucznej ślinie (CRT-S-7).

Wyniki remineralizacji z zastosowaniem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów)

Dane zawarte w tab. 17 wskazują, że średnia wartość testu CRT po pierwszym szczotkowaniu pastą Duraphat® 5000, wynosiła 21,5 s, SD=3,2 s (CRT-R-8), natomiast średnia wartość testu CRT-R-9 wykonanego po 14. zabiegu szczotkowania wzrosła i wynosiła 27,3 s, SD=2,4 s (różnica istotna statystycznie). Oznaczało to, że po tygodniu zarówno stosowania pasty Duraphat® 5000 jak i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, czas potrzebny na demineralizację szkliwa uległ wydłużeniu o 27%. Jednak porównując wyniki testów CRT-R-8 i CRT-R-9 z wynikami testu kontrolnego wykonanego przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1) można stwierdzić, że były to nadal wartości istotnie niższe, przy czym po pierwszym zabiegu remineralizacji o 32,4% (CRT-R-8), a po 14. zabiegu remineralizacji o 14,2% (CRT-R-9).

Odnosząc wyniki testu CRT-R-8 i wyniki CRT-R-9 do wyników testu uzyskanych bezpośrednio po 20 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny po zakończonych zabiegach wybielania (CRT-S-7) można stwierdzić, że średnia wartość testu CRT-R-8 nie różniła się istotnie, natomiast CRT-R-9 była wyższa o 24,7% (różnica istotna).

W porównaniu do testu CRT-W-6 (wykonanego po 3. zabiegu wybielania), średnie wartości testów CRT-S-7, CRT-R-8 oraz CRT-R-9 były istotnie wyższe: po 20-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny o 40,4% (CRT-S-7), po pierwszym szczotkowaniu o 37,8% (CRT-R-8), a po 14. szczotkowaniu o 75% (CRT-R-9).

Na ryc. 22 zestawiono zmiany w podatności szkliwa zębów na demineralizację po zastosowaniu pasty Duraphat® 5000 dla poszczególnych badanych zębów. W zestawieniu uwzględniono także podatności szkliwa stwierdzone po 3. aplikacji 35% nadtlenku wodoru i po 20 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny. Z przedstawionych danych

wynika, że dla wszystkich 10 badanych zębów, wartość wyjściowa (CRT-K-1) była wartością najwyższą w porównaniu do pozostałych wyników. Również w przypadku 10 zębów, wartość testu CRT wykonanego po 14. szczotkowaniu (CRT-R-9) była wyższa od wartości testu wykonanego po pierwszym szczotkowaniu (CRT-R-8). Porównując wyniki testu CRT-W-6 (po 3. cyklu wybielania) z wynikami testu CRT-S-7 (po 20 h kontaktu wybielonych uprzednio zębów ze sztuczną śliną) stwierdzono, że w przypadku każdego z 10 badanych zębów wartość testu CRT-S-7 wzrosła. Natomiast porównując wyniki testu CRT-S-7 z wynikami testu CRT-R-8 stwierdzono, że w przypadku 5 zębów wartość testu CRT-R-8 wzrosła, w przypadku 2 zębów wartość testu CRT nie uległa zmianie, natomiast w przypadku 3 zębów była niższa.

Na ryc. 23 przedstawiono jak rozkładały się wartości testów CRT-K-1, CRT-W-6, CRT-S-7, CRT-R-8 i CRT-R-9 uzyskane dla poszczególnych zębów poddanych szczotkowaniu pastą Duraphat® 5000 (n=10). Po wykonaniu testu kontrolnego (CRT-K-1) można stwierdzić, że czas potrzebny na demineralizację szkliwa w przypadku każdego z 10 zębów mieścił się w zakresie od 26 do 43 s. (rozstęp=17 s). Natomiast po 3. zabiegu wybielania, w przypadku każdego z badanych zębów czas potrzebny na demineralizację obniżył się i mieścił się w zakresie 10 do 24 s, natomiast rozstęp wynosił 14 s (CRT-W-6). Po 20 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, czas potrzebny na demineralizację szkliwa pozostał nadal obniżony i mieścił się w zakresie od 18 do 33 s, rozstęp=15 s (CRT-S-7). Po pierwszej remineralizacji, czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów był również obniżony w porównaniu do wartości kontrolnych i mieścił się w zakresie od 16 do 26 s, rozstęp=10 s (CRT-R-8). Po 14. zabiegu remineralizacji czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów mieścił się w zakresie od 24 do 32 s, rozstęp=8 s (CRT-R-9).

Wyniki remineralizacji z zastosowaniem pasty Sensodyne® (n=10 zębów)

Dane zawarte w tab. 17 wskazują, że średnia wartość testu CRT po pierwszym szczotkowaniu pastą Sensodyne®, wynosiła 20,4 s, SD=4,1 s (CRT-R-8), natomiast średnia wartość testu CRT-R-9 wykonanego po 14. zabiegu remineralizacji (CRT-R-9) istotnie wzrosła i wynosiła 27 s, SD=4,8 s. Oznaczało to, że po tygodniu zarówno stosowania pasty Sensodyne® jak i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, czas potrzebny na demineralizację szkliwa uległ wydłużeniu aż o 32,4%. Jednak porównując wyniki testów CRT-R-8 i CRT-R-9 z wynikami testu kontrolnego wykonanego przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1) można stwierdzić, że

były one nadal istotnie niższe, przy czym po pierwszym zabiegu remineralizacji o 41,9% (CRT-R-8), a po 14. zabiegu remineralizacji o 23,1% (CRT-R-9).

Odnosząc wyniki testu CRT-R-8 i wyniki CRT-R-9 do wyników testu uzyskanych bezpośrednio po 20 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny po zakończonych zabiegach wybielania (CRT-S-7) można stwierdzić, że średnia wartość testu CRT-R-8 była niższa o 18,1%, natomiast CRT-R-9 była wyższa o 8,4% od CRT-S-7 (różnice nieistotne statystycznie).

W porównaniu do testu CRT-W-6 (wykonanego po 3. zabiegu wybielania), średnie wartości testów CRT-S-7, CRT-R-8 oraz CRT-R-9 były istotnie wyższe: po 20-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny o 66% (CRT-S-7), po pierwszym szczotkowaniu o 36% (CRT-R-8), a po 14. szczotkowaniu o 80% (CRT-R-9).

Na ryc. 24 zestawiono zmiany w podatności szkliwa zębów na demineralizację po zastosowaniu pasty Sensodyne® dla poszczególnych badanych zębów. W zestawieniu uwzględniono także podatności szkliwa stwierdzone po 3. aplikacji 35% nadtlenku wodoru i po 20 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny. Z przedstawionych danych wynika, że dla wszystkich 10 badanych zębów, wartość wyjściowa (CRT-K-1) była wartością najwyższą w porównaniu do pozostałych wyników. Również w przypadku 10 zębów, wartość testu CRT wykonanego po 14. szczotkowaniu (CRT-R-9) była wyższa od wartości testu wykonanego po pierwszym szczotkowaniu (CRT-R-8).

Porównując wyniki testu CRT-W-6 (po 3. cyklu wybielania) z wynikami testu CRT-S-7 (po 20 h kontaktu wybielonych uprzednio zębów ze sztuczną śliną) stwierdzono, że w przypadku 9 badanych zębów wartość testu CRT-S-7 wzrosła, w jednym przypadku nie zmieniła się. Natomiast porównując wyniki testu CRT-S-7 z wynikami testu CRT-R-8 stwierdzono, że w przypadku 2 zębów wartość testu CRT-R-8 wzrosła, natomiast w przypadku 8 zębów była niższa.

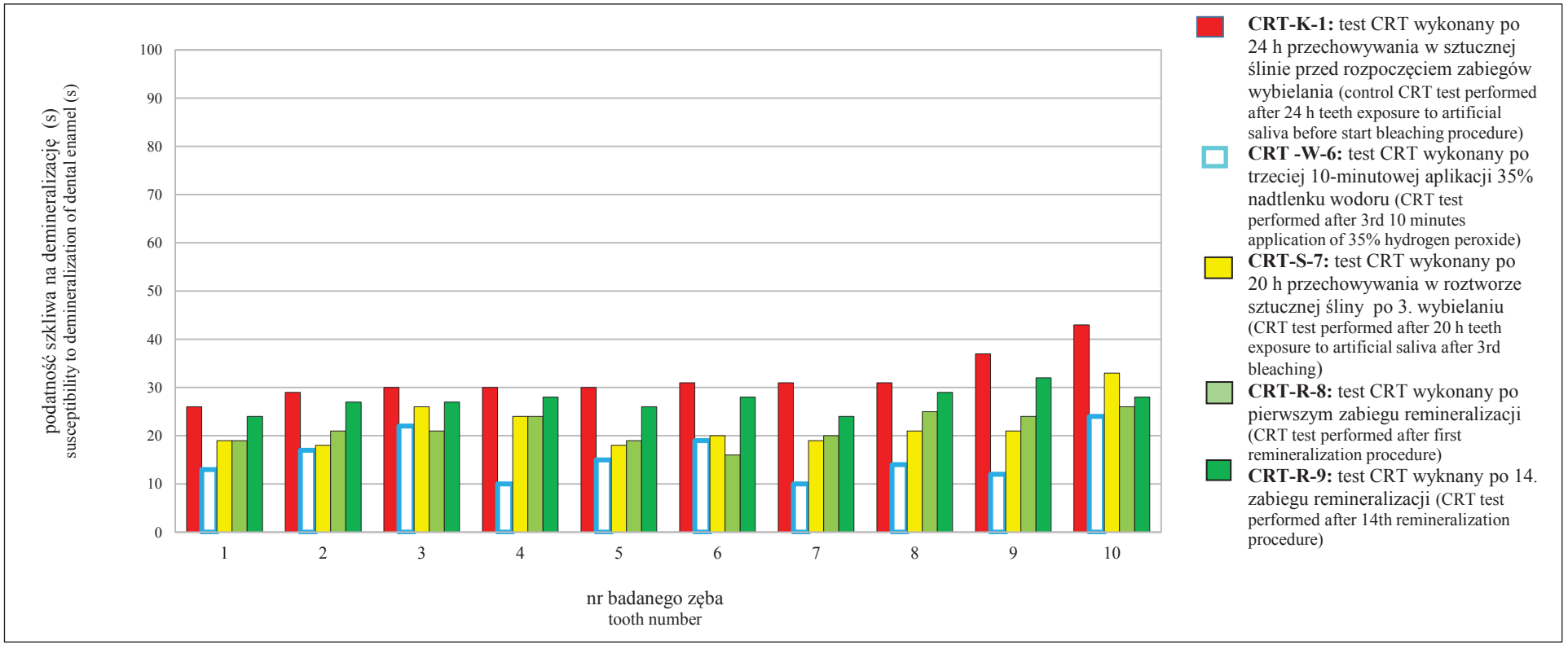
Na ryc. 25 przedstawiono jak rozkładały się wartości testów CRT-K-1, CRT-W-6, CRT-S-7, CRT-R-8 i CRT-R-9 uzyskane dla poszczególnych zębów poddanych szczotkowaniu pastą Sensodyne® (n=10). Po wykonaniu testu kontrolnego (CRT-K-1) można stwierdzić, że czas potrzebny na demineralizację szkliwa w przypadku każdego z 10 zębów mieścił się w zakresie od 25 do 48 s. (rozstęp=23 s). Natomiast po 3. zabiegu wybielania, w przypadku każdego z badanych zębów czas potrzebny na demineralizację obniżył się i mieścił się w zakresie od 9 do 20 s, rozstęp=11 s (CRT-W-6). Po 20 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, czas potrzebny na demineralizację szkliwa mieścił się w zakresie od 13 do 31 s, rozstęp=18 s (CRT-S-7). Po pierwszej remineralizacji, czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów był również obniżony w porównaniu do wartości kontrolnych i mieścił się w zakresie od 13 do 26 s, rozstęp=13 s (CRT-R-8). Po 14. zabiegu remineralizacji czas potrzebny na demineralizację szkliwa dla poszczególnych zębów mieścił się w zakresie od 20 do 34 s, rozstęp=14 s (CRT-R-9).

Tabela 17. Zestawienie średnich wartości podatności szkliwa zębów na demineralizację mierzonej testem CRT (s) stwierdzonej po pierwszym i po 14. zabiegu remineralizacji w odniesieniu do podatności szkliwa zębów stwierdzonej w badaniu kontrolnym (CRT-K-1), po trzeciej 10-minutowej aplikacji 35% nadtlenku wodoru (CRT-W-6) i po 20 godzinach przechowywania zębów w sztucznej ślinie (CRT-S-7)

Table 17. Data of average values of susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after first and 14th remineralization in reference to results of susceptibility dental enamel detected in control examination (CRT-K-1), after 3rd 10-minutes application of 35% hydrogen peroxide (CRT-W-6) and after 20 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S-7)

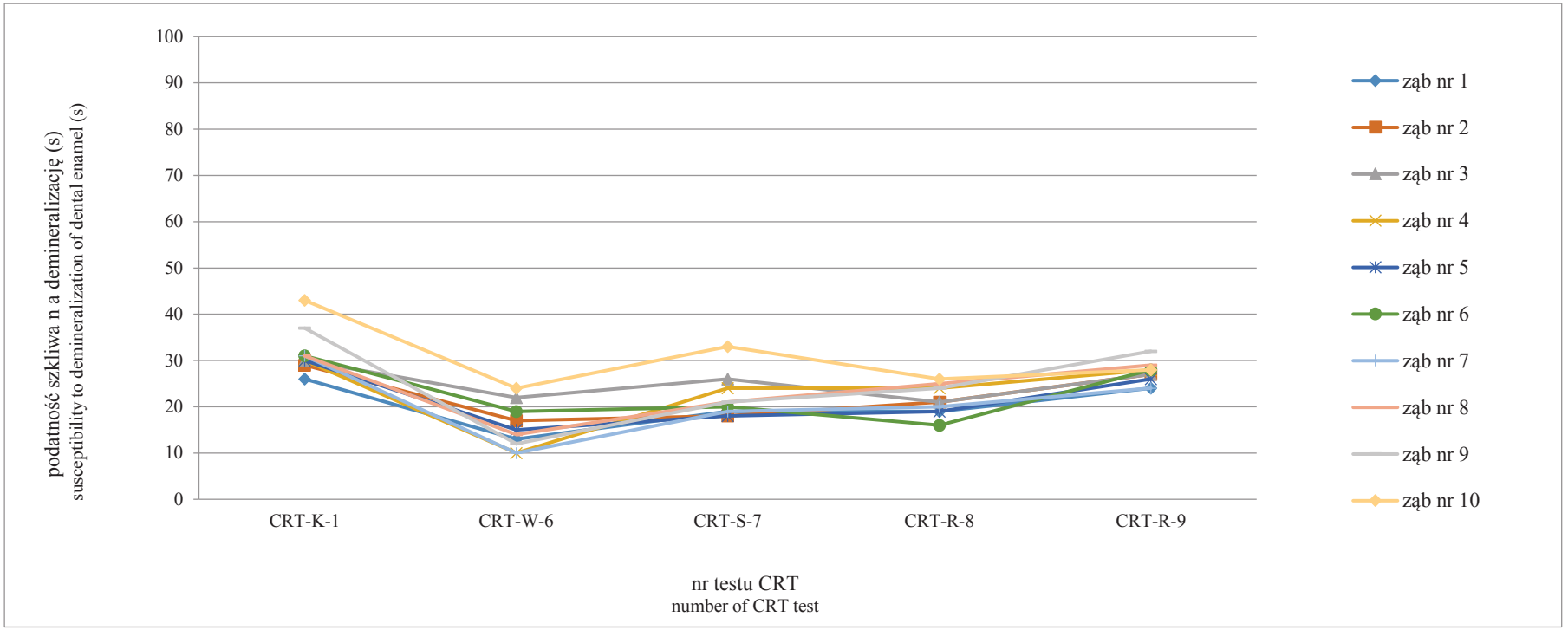
Rodzaj preparatu zastosowanego do remineralizacji Applied remineralization preparations	Liczba zębów (n) Number of teeth (n)	Podatność szkliwa na demineralizację badana testem CRT (s), w przypadku zastosowania 35% nadtlenku wodoru trzykrotnie każdorazowo przez 10 minut, którą stwierdzono: Susceptibility dental enamel to demineralization measured by CRT test (s) in case of application 35% hydrogen peroxide 3-times each by 10 minutes which found:														
		po pierwszym zabiegu remineralizacji after first remineralization procedure			po 14. zabiegu remineralizacji after 14th remineralization procedure			przed rozpoczęciem zabiegów wybielania before start bleaching procedure			po 20 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny po 3. zabiegu wybielania after 20 h teeth exposure to artificial saliva after 3rd bleaching procedure			po 3. zabiegu wybielania after 3rd bleaching procedure		
		CRT-R-8			CRT-R-9			CRT-K-1			CRT-S-7			CRT-W-6		
		$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range	$\bar{x}$	SD	Zakres Range
Duraphat® 5000	10	21,5[1]	3,2	16-26	27,3[2]	2,4	24-32	31,8[3]	4,8	26-43	21,9[4]	4,7	18-33	15,6[5]	4,8	10-24
Sensodyne®	10	20,4[6]	4,1	13-26	27,0[7]	4,8	20-34	35,1[8]	8,9	25-48	24,9[9]	5,8	13-31	15[10]	3,3	9-20

CRT-K-1: test CRT kontrolny wykonany po 24 h przechowywania w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-6: test CRT wykonany po trzeciej 10-minutowej aplikacji 35% nadtlenku wodoru (CRT test performed after 3rd 10 minutes application of 35% hydrogen peroxide)
CRT-S-7: test CRT wykonany po 20 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny po 3. wybielaniu (CRT test performed after 20 h teeth exposure to artificial saliva after 3rd bleaching)
CRT-R-8: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)
CRT-R-9: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)
Wartości oceniane testem t-Studenta dla wartości zależnych, różniące się istotnie statystycznie:
Values rated t-Student test for dependent values statistically different:
a) **p<0,01** dla: 1-5; 2-3; 2-4; 6-10; 7-8;
b) **p<0,001** dla: 1-2; 1-3; 2-5; 3-4; 4-5; 5-3; 6-7; 6-8; 7-10; 8-10; 9-8; 9-10;

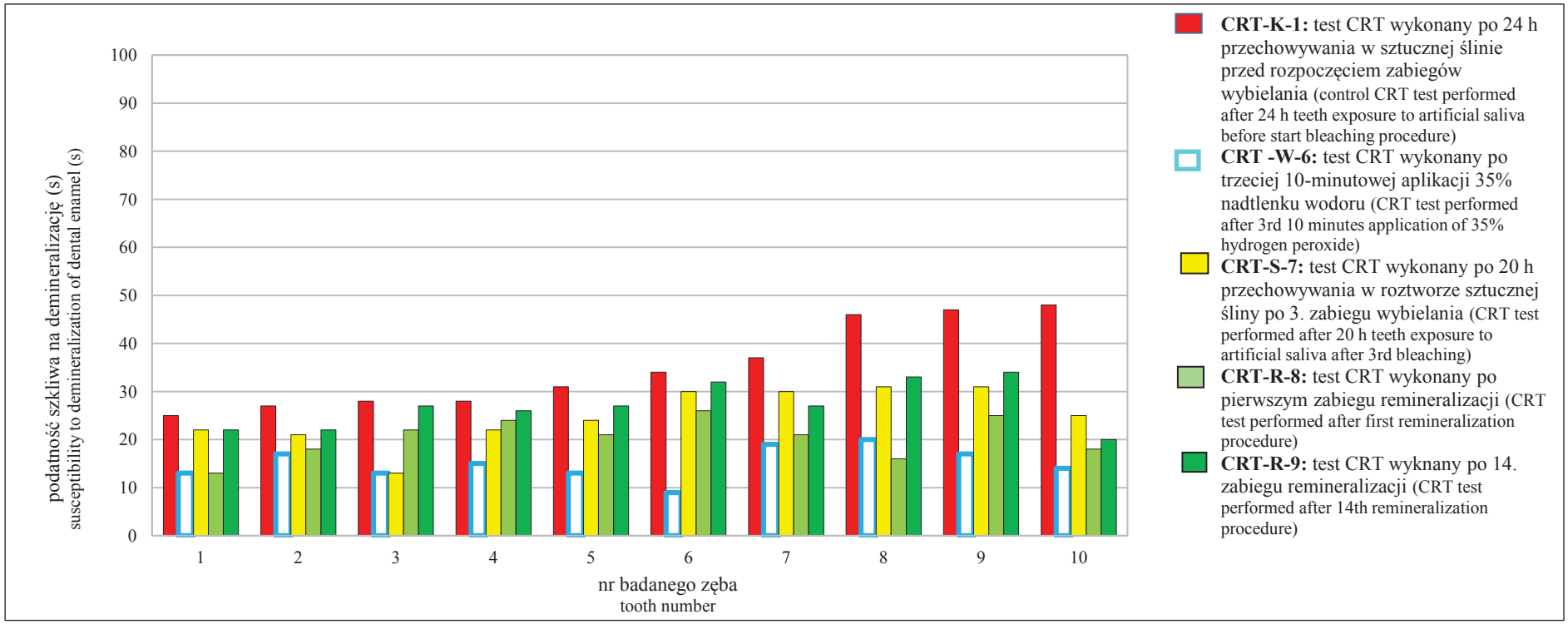


Rycina 22. Zestawienie zmian w podatności szkliwa zębów na demineralizację po zastosowaniu pasty Duraphat® 5000 (CRT-R-8 i CRT-R-9) w odniesieniu do podatności szkliwa stwierdzonej po trzeciej 10-minutowej aplikacji 35% nadtlenku wodoru (CRT-W-6) oraz po 20 godzinach przechowywania w roztworze sztucznej śliny dla poszczególnych zębów (n=10)

Figure 22. Results of average susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after use Duraphat® 5000 (CRT-R-8 i CRT-R-9) in reference to susceptibility of dental enamel after 3rd 10 minutes application of 35% hydrogen peroxide (CRT-W-6) and after 20 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S-7) for each of 10 teeth

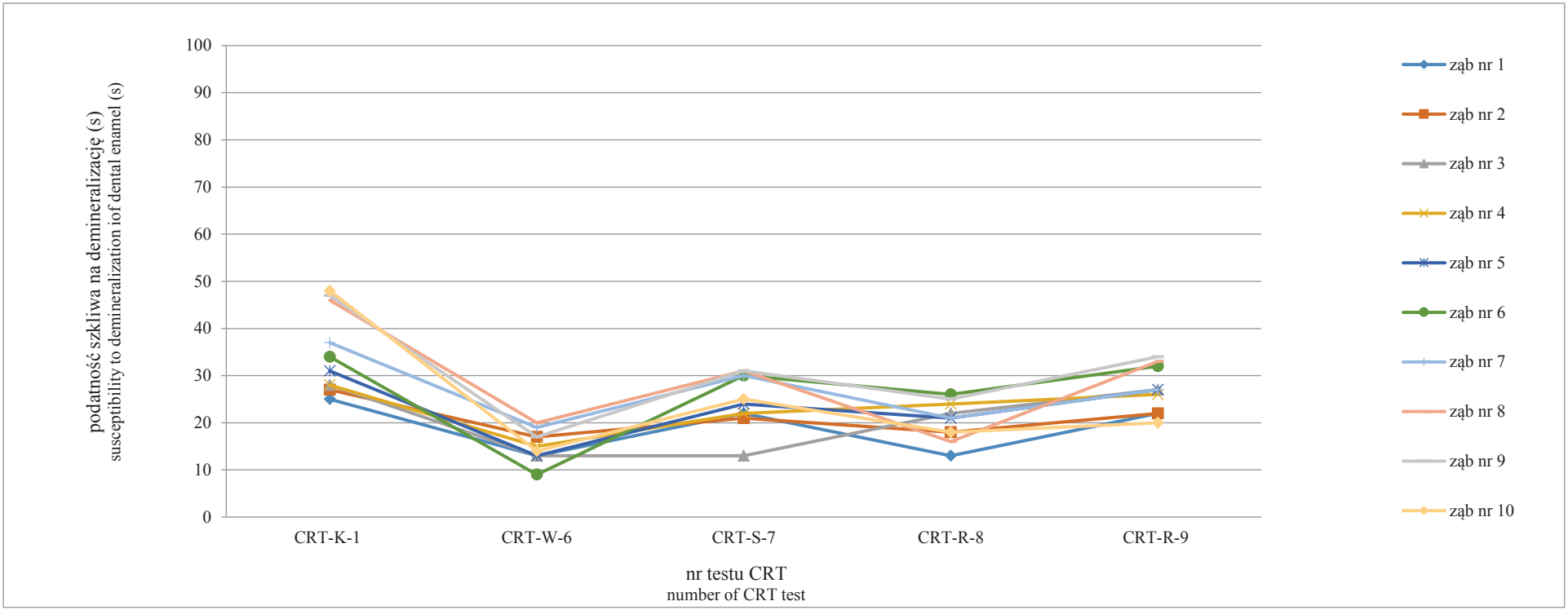


Rycina 23. Zestawienie wartości wybranych testów CRT uzyskanych w przebiegu badania dla poszczególnych zębów wybielanych 35% nadtlenkiem wodoru 3-krotnie każdorazowo przez 10 minut oraz remineralizowanych z zastosowaniem pasty Duraphat® 5000 (n=10 zębów)
Figure 23. Values of selected CRT test obtained during examination for individual teeth bleached with 35% hydrogen peroxide 3-times each by 10 minutes and remineralized with Duraphat® 5000 (n=10 teeth)
CRT-K-1: test CRT wykonanypo 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznejśliny, przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)
CRT-W-6: test CRT wykonany po trzecim 10-minutowym zabiegu wybielania 35% nadtlenkiem wodoru (CRT test performed after 3rd 10 minutes application of 35% hydrogen peroxide)
CRT-S-7: test CRT wykonany po 20-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny po 3. zabiegu wybielania (CRT test performed after 20 h teeth exposure to artificial saliva after 3rd bleaching)
CRT-R-8: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)
CRT-R-9: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)



Rycina 24. Zestawienie zmian w podatności szkliwa zębów na demineralizację po zastosowaniu pasty Sensodyne® (CRT-R-8 i CRT-R-9) w odniesieniu do podatności szkliwa stwierdzonej po trzeciej 10-minutowej aplikacji 35% nadtlenku wodoru (CRT-W-6) oraz po 20 godzinach przechowywania w roztworze sztucznej śliny (CRT-S-7) dla poszczególnych zębów (n=10)

Figure 24. Results of average susceptibility dental enamel to demineralization measured CRT test (s) after use Sensodyne® (CRT-R-8 i CRT-R-9) in reference to susceptibility of dental enamel after 3rd 10 minutes application of 35% hydrogen peroxide (CRT-W-6) and after 20 h teeth exposure to artificial saliva (CRT-S-7) for each of 10 teeth



Rycina 25. Zestawienie wartości wybranych testów CRT uzyskanych w przebiegu badania dla poszczególnych zębów wybielanych 35% nadtlenkiem wodoru 3-krotnie każdorazowo przez 10 minut oraz remineralizowanych z zastosowaniem pasty Sensodyne® (n=10 zębów)

Figure 25. Values of selected CRT test obtained during examination for individual teeth bleached with 35% hydrogen peroxide 3-times each by 10 minutes and remineralized with Sensodyne® (n=10 teeth)

CRT-K-1: test CRT wykonany po 24 h przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny, przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (control CRT test performed after 24 h teeth exposure to artificial saliva before start bleaching procedure)

CRT-W-6: test CRT wykonany po trzecim 10-minutowym zabiegu wybielania 35% nadtlenkiem wodoru (CRT test performed after 3rd 10 minutes application of 35% hydrogen peroxide)

CRT-S-7: test CRT wykonany po 20-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny po 3. zabiegu wybielania (CRT test performed after 20 h teeth exposure to artificial saliva after 3rd bleaching)

CRT-R-8: test CRT wykonany po pierwszym zabiegu remineralizacji (CRT test performed after first remineralization procedure)

CRT-R-9: test CRT wykonany po 14. zabiegu remineralizacji (CRT test performed after 14th remineralization procedure)

5.6 Zestawienie wyników badań dotyczących oceny odporności na działanie kwasów szkliwa zębów poddanego działaniu preparatów wybielających zawierających 10% nadtlenek karbamidu, 16% nadtlenek karbamidu i 35% nadtlenek wodoru z uwzględnieniem czasu przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny i zastosowanej remineralizacji pastami

W tab. 18 przedstawiono dane określające jaki odsetek wartości CRT-K-1 stanowiły poszczególne wartości CRT-W, CRT-S i CRT-R w każdej z badanych grup. Założono, że wartość testu CRT wykonanego po 24 godzinach przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny a przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (CRT-K-1) w każdej z badanych grup (I, II, III, IV i V), będzie punktem odniesienia do określenia zmian odporności szkliwa na demineralizację stwierdzanych podczas wykonywanych zabiegów wybielania i remineralizacji w poszczególnych grupach i umożliwi ich porównanie.

Przedstawione w tab. 18 dane wskazują, że po pierwszym zabiegu wybielania w Grupie I i Grupie II odporność szkliwa na demineralizację była podobna i stanowiła odpowiednio 82% oraz 84% odporności wyjściowej. W przypadku Grupy III, IV i V odporność ta była niższa i stanowiła odpowiednio 67% (Grupa III), 66% (Grupa IV) i 64% (Grupa V) wartości CRT-K-1 dla danej grupy. Po trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów była podobna w każdej grupie i wynosiła odpowiednio 41% (Grupa I), 52% (Grupa II), 46% (Grupa III i V) oraz 43% (Grupa IV) wartości kontrolnej. W przypadku Grup III, IV i V zabieg wybielania zakończono po trzecim wybielaniu. Natomiast w przypadku Grupy I i Grupy II wybielania było kontynuowane jeszcze przez 7 cykli. Po ostatnim zabiegu wybielania odporność szkliwa na działanie kwasów wynosiła 14% wartości wyjściowej zarówno w Grupie I jak i w Grupie II.

Wielogodzinne przechowywanie zębów w roztworze sztucznej śliny po zabiegach wybielania, wprawdzie powodowało wzrost odporności szkliwa na demineralizację, ale była to odporność niższa niż wyjściowa.

Analizując zmiany dotyczące odporności wybielonego szkliwa zachodzące w wyniku zastosowanej remineralizacji stwierdzono, że w przypadku Grupy I i II odporność szkliwa na demineralizację (która przed remineralizacją stanowiła 18% wartości wyjściowej), po pierwszym zabiegu szczotkowania stanowiła odpowiednio 19% i 24% odporności wyjściowej. Po 14 zabiegach remineralizacji i przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny przez ponad 143 godziny, odporność szkliwa na demineralizację stanowiła 28% wartości wyjściowej w Grupie I i 30% w Grupie II. Wyniki te wskazują na konieczność stosowania remineralizacji przez dłuższy niż tydzień okres czasu. W przypadku Grupy III, IV i V, odporność szkliwa na demineralizację przed remineralizacją stanowiła 60% (Grupa III), 45% (Grupa IV) i 70% (Grupa V) wartości wyjściowej. Po

pierwszym zabiegu szczotkowania odporność ta wzrosła i stanowiła odpowiednio 67%, 58% i 63% odporności wyjściowej. Po 14 zabiegach remineralizacji i przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny przez ponad 143 godziny, odporność szkliwa na demineralizację stanowiła 82% wartości wyjściowej w Grupie III, 81% w Grupie V oraz 75% w Grupie IV. Wskazuje to, że po tygodniu prowadzonych zabiegów szczotkowania pastą i kontaktu ze sztuczną śliną uzyskano odporność szkliwa najbardziej zbliżoną do wartości wyjściowej tylko w Grupie III i V.

Tabela 18. Określenie na podstawie średnich wartości testów CRT jaki odsetek odporności wyjściowej szkliwa na demineralizację stanowi odporność szkliwa stwierdzana po aplikacji preparatów wybielających, po kontakcie wybielanego szkliwa ze sztuczną śliną i po jego remineralizacji w poszczególnych badanych gupach.
Table 18. Determine on the basis of average CRT tests valvues what percentage of output enamel resistence represent enamel resistence after bleaching, storage in artificial saliva and remineralization in respective study groups

Warunki eksperymentu Experiment conditions		Zastosowane preparaty wybielające Applied bleaching preparations				
		10% nadtlenek karbamidu **10% carbamide peroxide**	**16% nadtlenek karbamidu** **16% carbamide peroxide**	**10% nadtlenek karbamidu** **10% carbamide peroxide**	**16% nadtlenek karbamidu** **16% carbamide peroxide**	**35% nadtlenek wodoru** **35% hydrogen peroxide**
Częstotliwość i czas aplikacji danego preparatu wybielającego Frequency and time of application bleaching preparations		10-krotnie po 10 h 10 timeseach by 10 h	10-krotnie po 10 h 10 timeseach by 10 h	3-krotnie po 2 h 3 timeseach by 2 h	3-krotnie po 4 h 3 timeseach by 4 h	3-krotnie po 10 min 3 timeseach by 10 min.
Częstotliwość i czas kontaktu zębów ze sztuczną śliną Frequency and time teethexposure to artificial saliva		10-krotnie po 14 h 10 timeseach by 14 h	10-krotnie po 14 h 10 timeseach by 14 h	3-krotnie po 22 h 3 timeseach by 22 h	3-krotnie po 18 h 3 timeseach by 18 h	3-krotniepo 20 h 3 timeseach by 20 h
Liczba badanych zębów (n) Number of examined teeth (n)		20	20	20	20	20
Nrbadanejgrupy Number of examined group		I	II	III	IV	V
Etapbadania Stage study	Nr testu CRT w przebiegu badań Number of CRT test during examination	Określenie, jaki odsetek wartości CRT-K-1 (100%) stanowią poszczególne wartości CRT-W, CRT-S i CRT-R Term what percentage of average CRT-K-1 value (100%) represent respectively CRT-W, CRT-S and CRT-R				
Przed wybielaniem (beforebleaching)	CRT-K-1	100%	100%	100%	100%	100%
Po 1. wybielaniu (after 1st bleaching)	CRT-W-2	82%	84%	67%	66%	64%
Po 1. kontakcie ze sztuczną śliną (after 1st contact with artificial saliva)	CRT-S-3	78%	84%	73%	68%	77%

Po 2. wybielaniu (after 2nd bleaching)	CRT-W-4	43%	62%	57%	47%	49%
Po 2. kontakcie ze sztuczną śliną (after 2nd contact with artificial saliva)	CRT-S-5	59%	63%	63%	60%	67%
Po 3. wybielaniu (after 3rd bleaching)	CRT-W-6	41%	52%	46%	43%	46%
Po 3. kontakcie ze sztuczną śliną (after 3rd contact with artificial saliva)	CRT-S-7	46%	65%	60%	45%	70%
Po 4. wybielaniu (after 4th bleaching)	CRT-W-8	38%	43%	x	x	x
Po 4. kontakcie ze sztuczną śliną (after 4th contact with artificial saliva)	CRT-S-9	43%	50%	x	x	x
Po 5. wybielaniu (after 5th bleaching)	CRT-W-10	32%	39%	x	x	x
Po 5. kontakcie ze sztuczną śliną (after 5th contact with artificial saliva)	CRT-S-11	39%	42%	x	x	x
Po 6. wybielaniu (after 6th bleaching)	CRT-W-12	31%	27%	x	x	x
Po 6. kontakcie ze sztuczną śliną (after 6th contact with artificial saliva)	CRT-S-13	35%	34%	x	x	x
Po 7. wybielaniu (after 7th bleaching)	CRT-W-14	25%	21%	x	x	x
Po 7. kontakcie ze sztuczną śliną (after 7th contact with artificial saliva)	CRT-S-15	33%	28%	x	x	x
Po 8. wybielaniu (after 8th bleaching)	CRT-W-16	22%	21%	x	x	x
Po 8. kontakcie ze sztuczną śliną (after 8th contact with artificial saliva)	CRT-S-17	24%	28%	x	x	x
Po 9. wybielaniu (after 9th bleaching)	CRT-W-18	15%	18%	x	x	x
Po 9. kontakcie ze sztuczną śliną (after 9th contact with artificial saliva)	CRT-S-19	21%	22%	x	x	x

Po 10. wybielaniu (after 10th bleaching)	CRT-W-20	14%	14%	x	x	x
Po 10. kontakcie ze sztuczną śliną (after 10th contact with artificial saliva)	CRT-S-21	18%	18%	x	x	x
Po 1. remineralizacji (after 1st remmineralization)	CRT-R-22/ CRT-R-8	19%	24%	67%	58%	63%
Po 14. remineralizacji (after 14th remmineralization)	CRT-R-23/ CRT-R-9	28%	30%	82%	75%	81%

6. Dyskusja

Dane z piśmiennictwa wskazują, że podczas zabiegów wybielania, jak również po ich ukończeniu mogą wystąpić powikłania różnego typu. Istnieje granica procesu wybielania, zwana punktem saturacji, w którym wybielanie zostaje zatrzymane i rozpoczyna się destrukcja struktur zęba. Nadmierne wybielanie zębów powoduje ryzyko utlenienia białek szkliwa i zębiny, co może prowadzić w konsekwencji do kruchości i wzrostu porowatości tkanek zęba [16, 24, 30, 42]. Zmiany zachodzące w strukturze szkliwa pod wpływem środków wybielających mogą prowadzić m.in. do wzrostu podatności szkliwa na demineralizację [25, 54, 55]. Preparaty stosowane do wybielania szkliwa w zależności od rodzaju i stężenia składnika aktywnego oraz obecności lub braku składnika remineralizacyjnego, a także w zależności od wartości pH preparatu wybielającego i czasu jego aplikacji, mogą powodować zmiany na powierzchni szkliwa i w jego strukturze. Wskazują na to wyniki licznych badań, w tym również wyniki badań własnych prowadzonych w warunkach *in vitro* [14, 15, 18, 20, 24, 25, 30, 31, 33, 40, 41, 47, 54, 55, 61, 62, 68, 71, 75, 76, 78, 80, 81, 90, 95].

Autorzy szeregu publikacji, badając skutki działania tych preparatów w różnych warunkach eksperymentalnych i klinicznych oceniali m.in. mikrotwardość wybielanego szkliwa, jego szorstkość i porowatość, utratę składników mineralnych, podatność na działanie kwasu, występowanie erozji, podatność na odkładanie barwników, trwałość połączenia bondu ze szkliwem oraz występowanie mikroprzecieku brzeżnego [15, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 29, 30, 37, 39, 41, 47, 54, 55, 68, 75, 76, 78, 80, 90]. Część badań dotyczyła możliwości ograniczenia negatywnych skutków działania preparatów wybielających poprzez modyfikacje ich składu, stężenia czynnika aktywnego, pH, skrócenie czasu i częstotliwości ich aplikacji, a także stosowanie różnych procedur remineralizacyjnych w trakcie wybielania jak i po jego zakończeniu [8, 11, 16, 18, 32, 40, 44, 68, 76, 83, 92, 95].

W badaniach własnych skupiłam się na ocenie, jak w warunkach badania *in vitro*, zmieniała się podatność szkliwa zębów na demineralizację w zależności od rodzaju i stężenia składnika aktywnego, czasu i częstotliwości jego kontaktu ze szkliwem oraz obecności fluoru w składzie preparatu wybielającego. Analizowałam również jaki wpływ na wybielone szkliwo i jego podatność na demineralizację ma przechowywanie zębów pomiędzy zabiegami wybielania w roztworze sztucznej śliny, a także zastosowanie określonych procedur remineralizacyjnych po zakończeniu całego procesu wybielania.

Zmiany w szkliwie po wielogodzinnej i wielokrotnej aplikacji preparatów zawierających 10% lub 16% nadtlenek karbamidu z uwzględnieniem aspektu remineralizacji na podstawie piśmiennictwa i wyników badań własnych (Grupa I i Grupa II).

Analizując, jak zmienia się podatność szkliwa na demineralizację po 10-godzinnej aplikacji żelu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu wzbogacony fluorem, którą powtarzano 10-krotnie w odstępach 14-godzinnych, stwierdziłam na podstawie testów CRT-W wykonywanych każdorazowo po zabiegu wybielania, że podatność ta była istotnie wyższa niż stwierdzona przed rozpoczęciem całego eksperymentu (CRT-K-1). Porównując wartości testów CRT-W wykonywanych po każdej 10-godzinnej aplikacji żelu wybielającego zaobserwowałam, że ulegały one stopniowemu obniżeniu, ale nie w każdym przypadku był to spadek istotny statystycznie. Po ostatnim 10-tym zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 14% odporności wyjściowej. Każdorazowe przechowywanie zębów przez 14 godzin w roztworze sztucznej śliny po wybielaniu, w większości przypadków powodowało istotny wzrost wartości CRT-S (co oznaczało wzrost odporności szkliwa na demineralizację), ale stwierdzane wartości były zawsze istotnie statystycznie niższe niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1). Po ostatnim zabiegu wybielania i po ostatnim przechowywaniu zębów w sztucznej ślinie stwierdzona odporność szkliwa wynosiła 18% wartości wyjściowej CRT-K-1. Uzyskane wyniki sugerują, że wielogodzinny kontakt wybielanych zębów ze sztuczną śliną nie był wystarczający, aby uzyskać odporność szkliwa, którą stwierdzano przed rozpoczęciem wybielania (tab. 8, ryc. 1, tab. 18). Natomiast zabiegi remineralizacyjne (szczotkowanie zębów pastami zawierającymi fluor i jednoczesne przechowywanie w roztworze sztucznej śliny) prowadzone po zakończeniu wybielania przez okres 7 dni, dały efekt w postaci istotnego wzrostu odporności szkliwa na demineralizację, ale była to nadal wartość istotnie niższa w porównaniu do wartości wyjściowej – stanowiła ona 28% wartości stwierdzonych przed wybielaniem (tab. 9, ryc. 1, tab. 18). Po 14 zabiegach szczotkowania pastą Duraphat® 5000 i wielogodzinnym przechowywaniu 10 zębów w roztworze sztucznej śliny pomiędzy tymi zabiegami, stwierdzana średnia wartość testu CRT-R była niższa o 70% w porównaniu do wartości kontrolnej CRT-K-1. Natomiast po 14 zabiegach remineralizacji z zastosowaniem pasty Sensodyne® i wielogodzinnym przechowywaniu 10 zębów w roztworze sztucznej śliny pomiędzy tymi zabiegami, wartość testu CRT-R była niższa o 76% w porównaniu do wartości kontrolnej CRT-K-1 (tab. 9). Można więc sądzić, że zastosowane przez tydzień po wybielaniu zabiegi remineralizacyjne z wykorzystaniem

pasty Duraphat® 5000 względnie pasty Sensodyne® nie były wystarczające, ponieważ nie doprowadziły do uzyskania wyjściowej odporności szkliwa. Wskazuje to na konieczność stosowania opisanych zabiegów remineralizacyjnych przez dłuższy niż 7 dni okres czasu, w przypadku gdy 10% nadtlenek karbamidu (nawet gdy preparat jest wzbogacony fluorem) pozostaje w kontakcie ze szkliwem przez 10 godzin i zabieg ten powtarza się 10-krotnie. Uzyskane wyniki wskazują również na konieczność stosowania w tym przypadku dodatkowych zabiegów remineralizacyjnych pomiędzy poszczególnymi etapami wybielania.

Podobne wyniki jak w przypadku 10% nadtlenku karbamidu uzyskano stosując 16% nadtlenek karbamidu również wzbogacony fluorem. Wartości testów CRT-W wykonywanych po każdej z 10-godzinnych aplikacji żelu, były zawsze istotnie niższe niż stwierdzone przed rozpoczęciem całego eksperymentu (CRT-K-1), co świadczyło o istotnym spadku odporności szkliwa na procesy demineralizacyjne. Zaobserwowałam także, że w trakcie trwania procesu wybielania, średnie wartości testów CRT-W wykonywanych kolejno po każdej 10-godzinnej aplikacji żelu, ulegały stopniowemu obniżeniu, ale nie w każdym przypadku był to spadek istotny statystycznie. Po ostatnim 10-tym zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 14% odporności wyjściowej. Każdorazowe przechowywanie zębów po wybielaniu przez 14 godzin w roztworze sztucznej śliny, w większości przypadków powodowało istotny wzrost wartości CRT-S (co oznaczało wzrost odporności szkliwa na demineralizację), ale były to wartości zawsze istotnie statystycznie niższe niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1). Po ostatnim zabiegu wybielania i po ostatnim przechowywaniu zębów w sztucznej ślinie stwierdzona odporność szkliwa wynosiła 18% wartości wyjściowej CRT-K-1. Uzyskane wyniki sugerują, że podobnie jak w przypadku gdy do wybielania stosowano 10% nadtlenek karbamidu (Grupa I), wielogodzinny kontakt wybielanych zębów ze sztuczną śliną nie był na tyle wystarczający, aby doprowadzić do wyjściowej odporności szkliwa na działanie kwasów (tab. 10, ryc. 6, tab. 18). Zabiegi remineralizacyjne (szczotkowanie zębów pastami zawierającymi fluor i jednoczesne przechowywanie w roztworze sztucznej śliny) prowadzone po zakończeniu wybielania przez okres 7 dni, dały efekt w postaci istotnego wzrostu odporności szkliwa na demineralizację, ale była to nadal wartość istotnie niższa w porównaniu do wartości wyjściowej i stanowiła 30% wartości wyjściowej CRT-K-1 (tab. 11, ryc. 6, tab. 18). Po 14 zabiegach szczotkowania pastą Duraphat® 5000 i wielogodzinnym przechowywaniu 10 zębów w roztworze sztucznej śliny pomiędzy tymi zabiegami, wartość testu CRT-R była niższa o 67% w porównaniu do wartości kontrolnej

CRT-K-1. Natomiast po 14 zabiegach remineralizacji pastą Sensodyne® i wielogodzinnym przechowywaniu 10 zębów w roztworze sztucznej śliny, wartość testu CRT-R była niższa o 72% w porównaniu do wartości kontrolnej CRT-K-1. Można więc sądzić, że zastosowane przez tydzień po wybielaniu zabiegi remineralizacyjne z wykorzystaniem pasty Duraphat® 5000 względnie pasty Sensodyne® nie były na tyle wystarczające, aby doprowadzić do uzyskania wyjściowej odporności szkliwa. Uzyskane wyniki badań wskazują również w tym przypadku na konieczność stosowania opisanych zabiegów remineralizacyjnych przez dłuższy niż 7 dni okres czasu, a także na konieczność stosowania dodatkowych zabiegów remineralizacyjnych pomiędzy poszczególnymi etapami wybielania.

Podsumowując wyniki badań uzyskane w Grupach I i II stwierdziłam, że niezależnie czy zastosowano żel zawierający 10% czy 16% nadtlenek karbamidu wzbogacony fluorem, wielogodzinna i wielokrotna aplikacja tych preparatów powodowała podobne skutki w postaci stopniowego obniżenia średnich wartości testu CRT-W. Po ostatnim 10-tym zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów była w obu grupach taka sama, zarówno po zastosowaniu 10% jak i 16% nadtlenku karbamidu i stanowiła 14% odporności wyjściowej. Stwierdzono także, że zarówno w Grupie I, w której zastosowano 10% nadtlenek karbamidu jak i w Grupie II, w której zastosowano 16% nadtlenek karbamidu, w większości przypadków przechowywanie zębów w roztworze sztucznej śliny powodowało istotny wzrost wartości testu CRT-S, ale były to wartości zawsze istotnie statystycznie niższe niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1). Po ostatnim zabiegu wybielania i po ostatnim przechowywaniu zębów w sztucznej ślinie stwierdzona odporność szkliwa wynosiła 18% wartości wyjściowej CRT-K-1 zarówno w Grupie I jak i w Grupie II. Dało to podstawę do stwierdzenia, że wielogodzinny kontakt zębów ze sztuczną śliną pomiędzy zabiegami wybielania nie był na tyle wystarczający, aby uzyskać odporność, którą stwierdzano przed wybielaniem. Przechowywanie zębów w sztucznej ślinie pomiędzy zabiegami wybielania dawało podobny efekt, niezależnie czy stosowano do wybielania 10% czy 16% nadtlenek karbamidu. Również zabiegi remineralizacyjne prowadzone po zakończeniu wybielania przez okres 7 dni, w obu grupach dały podobny efekt w postaci istotnego wzrostu odporności szkliwa na działanie kwasów, ale pozostawała ona nadal istotnie niższa w porównaniu do wartości wyjściowych i wynosiła ogółem 28% wartości wyjściowej CRT-K-1w Grupie I oraz 30% w Grupie II. Można więc sądzić, że niezależnie od stężenia preparatu (10% czy 16% nadtlenek karbamidu, nawet gdy jest on wzbogacony fluorem), wielogodzinna (10 godzin) i wielokrotna (10 razy)

aplikacja preparatu, wymaga stosowania wzmożonych zabiegów remineralizacyjnych trwających dłuższej niż 7 dni. Uzyskane wyniki wskazują również na konieczność stosowania dodatkowych zabiegów remineralizacyjnych pomiędzy poszczególnymi etapami wybielania.

Zmiany zachodzące w strukturze szkliwa zębów pod wpływem długoczasowego i wielokrotnego wybielania preparatami zawierającymi 10% nadtlenek karbamidu i ich skutki dla utrzymania właściwej odporności szkliwa (m.in. na działanie kwasów), a także możliwości zapobiegania tym niekorzystnym zmianom, były tematem wielu publikacji [4, 5, 9, 13, 14, 15, 33, 42, 61, 81, 91]. Santini i wsp. [81] oceniali poziom fosforanów w szkliwie zębów stałych poddanych wybielaniu. Preparat zawierający 10% nadtlenek karbamidu stosowali 8 h dziennie przez 28 dni, przy czym w okresie między aplikacjami preparatu, próbki były przechowywane w soli fizjologicznej buforowanej. Stężenie fosforanów w szkliwie (spektrometria Ramana) określano przed rozpoczęciem zabiegów wybielania oraz w 7., 14., 21. i 28. dniu zabiegu. Badania wykazały we wszystkich badanych próbkach istotny statystycznie spadek stężenia grup fosforanowych w 7., 14. i 28. dniu zabiegu w porównaniu do wartości kontrolnych. Zdaniem autorów obserwowana utrata grup fosforanowych z powierzchownych warstw szkliwa była najprawdopodobniej powiązana z postępującą w trakcie wybielania degradacją matrycy szkliwa. W konkluzji autorzy stwierdzili, że czas wybielania powinien być ograniczony, aby nie dopuścić do degradacji szkliwa. Ich zdaniem w przypadku 10% nadtlenku karbamidu, czas ten nie powinien przekraczać okresu 7 dni szczególnie u pacjentów, u których ślina ma zmniejszone zdolności remineralizacyjne [81]. Wyniki badań własnych wskazują, że odporność szkliwa na demineralizację po 7 dniach 10-godzinnego wybielania 10% nadtlenkiem karbamidu wzbogaconego fluorem, stanowiła tylko 25% wartości wyjściowej, co świadczyło o znacznym wzroście podatności szkliwa na działanie kwasu wskutek procesu wybielania (tab. 18). Tschoppe i wsp. [91] badali utratę związków nieorganicznych ze szkliwa zębów wołu oraz głębokość tych zmian zachodzących po wielokrotnej 8-godzinnej aplikacji preparatów zawierających 10% nadtlenek karbamidu wzbogaconych lub nie fluorem i związkami wapnia oraz po 3-tygodniowej remineralizacji wybielonego szkliwa. Zdaniem autorów związki fluoru dodane do preparatów wybielających miały za zadanie zmniejszyć nadwrażliwość zębów i ułatwić remineralizowanie zmian erozyjnych szkliwa powstałych po zabiegu wybielania. W badaniach zastosowano Opalescence Regular (10% nadtlenek karbamidu), Opalescence PF 10 (10% nadtlenek karbamidu z dodatkiem NaF), Nite White ACP (10% nadtlenek

karbamidu z dodatkiem ACP) oraz Nite White ACPF (10% nadtlenek karbamidu z dodatkiem ACP i fluoru). Z przeprowadzonych badań wynikało, że preparaty wzbogacone fluorem (NaF) nie wywierały wpływu na remineralizację wybielonego szkliwa. Natomiast autorzy stwierdzili w konkluzji, że zarówno pH preparatu wybielającego, jak również obecność ACP w preparacie miały wpływ na formę obserwowanej remineralizacji [19].

Na podstawie dostępnego piśmiennictwa można stwierdzić, że najwięcej badań dotyczyło zmian mikrotwardości i morfologii powierzchownych struktur szkliwa, obserwowanych po wybielaniu i wpływu tych zmian na wzrost podatności wybielanego szkliwa na działanie kwasów. Ponadto badano, jaki efekt mają różne procedury remineralizacyjne stosowane na wybielone szkliwo. Większość autorów stwierdziła, że wielogodzinne i wielokrotne wybielanie szkliwa z zastosowaniem 10% nadtlenkiem karbamidu może pogarszać badane parametry powierzchownych struktur szkliwa, co sprzyja wzrostowi podatności na działanie kwasów. Niektóre procedury remineralizacyjne, a także wzbogacanie preparatu wybielającego o związki fluoru lub wapnia, mogą ich zdaniem redukować negatywny wpływ wybielania. Inni autorzy uważali, że zmiany w szkliwie po wybielaniu 10% nadtlenkiem karbamidu są nieznaczne i w warunkach klinicznych, mogą być niezauważalne. Lisiecka i wsp. [61] oceniali *in vitro* jak zmienia się mikrotwardość szkliwa zębów stałych po kontakcie z preparatem wybielającym zawierającym 10% nadtlenek karbamidu, w porównaniu do mikrotwardości części szkliwa, które nie było wybielane. Preparat aplikowano na powierzchni wargowej zębów, zgodnie z zaleceniami producenta przez 8 h w 9 cyklach. Po każdym cyklu wybielania, preparat usuwano z powierzchni zęba pod bieżącą wodą, a zęby przechowywano w fizjologicznym roztworze soli. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że proces wybielania spowodował zmniejszenie mikrotwardości szkliwa średnio o 9,7% w porównaniu do wartości stwierdzanych przed wybielaniem [61]. Mikrotwardość szkliwa badali również Grobler i wsp. [33], którzy porównywali efekt działania 3 różnych preparatów wybielających zawierających w składzie 10% nadtlenek karbamidu wzbogacony fluorkiem potasu (Yotuel® Patient 10% CP), 10% nadtlenek karbamidu wzbogacony amorficznym fosforanem wapnia bez dodatku fluoru (Nite White® ACP 10% CP) i 10% nadtlenek karbamidu wzbogacony fluorem (Opalescence® PF 10% CP). Każdy z preparatów stosowano zgodnie z zaleceniami producenta przez 14 dni po 8 h dziennie. Pomiędzy zabiegami wybielania, zęby były przechowywane w sztucznej ślinie. Porównując uzyskane dla poszczególnych preparatów wyniki w odniesieniu do szkliwa niewybielanego, autorzy stwierdzili, że wszystkie zastosowane preparaty wybielające (niezależnie od ich składu)

spowodowały spadek mikrotwardości szkliwa, przy czym największy spadek mikrotwardości zaobserwowano w przypadku preparatu Nite White ACP 10% CP bez dodatku fluoru. Dłuższy czas kontaktu preparatu wybielającego z powierzchnią szkliwa wpływał negatywnie na mikrotwardość, natomiast obecność fluoru w preparatach wybielających zmniejszała uszkodzenia szkliwa wywołane działaniem czynnika aktywnego. Podobne badania *in vitro* dotyczące mikrotwardości prowadzili Cavalii i wsp. [14]. W tych badaniach autorzy dodatkowo określali podpowierzchniową utratę składników nieorganicznych ze szkliwa i głębokość występujących zmian. Badania objęły pięć różnych preparatów z 10% nadtlenkiem karbamidu, spośród których 3 zawierały dodatkowo fluor, a jeden preparat zawierał wapń. W badaniach zastosowano następujące preparaty: Whiteness (10% CP), Opalescence PF (10% + F), Pola Night F (10% CP + F) i żel eksperymentalny zawierający 10% CP i fluor oraz żel eksperymentalny zawierający 10% CP i wapń. Próbki zębów wołu były wybielane badanymi preparatami przez 14 dni po 6 h dziennie, a następnie przechowywano je w roztworze sztucznej śliny, podobnie jak próbki kontrolne, które nie były wybielane. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że do największego spadku mikrotwardości szkliwa doszło po zastosowaniu preparatu Whiteness 10% CP bez fluoru. Natomiast w przypadku pozostałych preparatów wzbogaconych we fluor lub wapń, stwierdzany spadek mikrotwardości był mniejszy. Ponadto autorzy stwierdzili, że niezależnie od zastosowanego preparatu do wybielania, zawsze dochodziło do podpowierzchniowej utraty minerałów ze szkliwa, przy czym gdy preparat zawierał fluor lub wapń, to utrata minerałów była mniej nasilona. Na podstawie uzyskanych wyników, autorzy stwierdzili, że dodatek fluoru lub wapnia do preparatów stosowanych do wybielania domowego może zredukować utratę minerałów ze szkliwa [14]. Oceniając utratę minerałów z wybielanego szkliwa poprzez analizę składu wody użytej do spłukiwania wybielanej powierzchni zębów, Cavalii i wsp. [13] potwierdzili, że podczas wybielania dochodziło do utraty składników mineralnych ze szkliwa, jednak utrata ta była minimalizowana przez dodatek fluoru lub wapnia do żelu wybielającego. Chen i wsp. [15] w badaniach *in vitro* oceniali zmiany zachodzące w szkliwie zębów wołu podczas 8-godzinnego wybielania przez 14 dni z zastosowaniem żeli zawierających 10% nadtlenek karbamidu bez fluoru (Opalescence 10%) oraz żeli zawierających fluor w stężeniu 0,11% (Opalescence PF 10) i 0,37% (żel eksperymentalny). W przypadku zastosowania preparatu Opalescence 10%, po każdym wybielaniu część zębów była poddana przez 3 minuty fluoryzacji 2% NaF (żel o pH 7,0). Po każdym zabiegu wybielania i przez 14 dni po zakończeniu eksperymentu, zęby były przechowywane w roztworze

HBSS (Hank's Balanced Salt Solution). Autorzy badali mikrotwardość szkliwa (metoda Knoppa) oraz analizowali morfologię powierzchni szkliwa (SEM) przed rozpoczęciem wybielania (kontrola), w 7., 14., 21. i 28. dniu eksperymentu. Stwierdzono, że we wszystkich grupach, w których zastosowano wybielanie, nastąpił znaczący spadek mikrotwardości szkliwa w porównaniu do kontroli. Największy spadek mikrotwardości szkliwa autorzy zaobserwowali w przypadku 10% nadtlenku karbamidu bez fluoru, mimo zastosowania dodatkowej fluoryzacji części wybielanego szkliwa żelem z 2% NaF. Mniejszy spadek mikrotwardości szkliwa zaobserwowano w przypadku zastosowania preparatów wzbogaconych fluorem. Przechowywanie zębów w roztworze HBSS powodowało stopniowy wzrost mikrotwardości szkliwa wybielanych zębów, przy czym po 7 dniach największy wzrost mikrotwardości szkliwa był widoczny w zębach wybielanych preparatami zawierającymi fluor, ale była to mikrotwardość nadal mniejsza niż w stwierdzona w kontroli. Badania własne również wykazały, że przechowywanie zębów w roztworze sztucznej śliny, powoduje wzrost odporności wybielonego szkliwa na działanie kwasów, ale odporność ta była nadal niższa niż przed wybielaniem (tab. 18). Natomiast po 14 dniach przechowywania zębów w roztworze HBSS, mikrotwardość szkliwa była zbliżona do wartości kontrolnych we wszystkich badanych grupach. Badając morfologię powierzchni szkliwa w 7. i 14. dniu wybielania, autorzy zauważyli największe uszkodzenia w przypadku aplikacji preparatu wybielającego bez fluoru, mimo stosowanej każdorazowo fluoryzacji żelem z 2% NaF. Obserwowane zmiany miały postać plastra miodu – wytrawiony rdzeń i nienaruszone obrzeże pryzmatu szkliwa. W przypadku zastosowania żeli wzbogaconych fluorem zauważono, że niezależnie od stężenia fluoru zmiany demineralizacyjne na powierzchni szkliwa były mniej wyraźne - dochodziło do mniejszego rozpuszczenia rdzenia i pryzmatów szkliwa. Podsumowując wyniki badań autorzy stwierdzili, że w przypadku wielokrotnego i wielogodzinnego wybielania zębów 10% nadtlenkiem karbamidu, zmiany demineralizacyjne o charakterze erozji szkliwa oraz spadek mikrotwardości szkliwa były mniej nasilone w przypadku zastosowania preparatów wzbogaconych fluorem [15]. Attin i wsp. [5] analizowali zmiany mikrotwardości szkliwa po aplikacji żeli o różnym pH zawierających 10% nadtlenek karbamidu z dodatkiem lub bez dodatku fluoru. Określając mikrotwardość szkliwa, próbowano także ocenić jak zmienia się podatność już wybielonego szkliwa na działanie kwasów. Jednorazowy czas wybielania wynosił 8 h. Cały eksperyment powtórzono 3-krotnie. W badaniach zastosowano żele z fluorem (0,5%) o pH 7,0 i o pH 5,7 oraz żele bez fluoru o pH 7,0 i o pH 5,7. Po każdym 8-godzinnym wybielaniu, próbki były przechowywane w roztworze

sztucznej śliny przez 2 h w temp. 37˚C (co traktowano jako formę remineralizacji) a następnie przez 90 s podawano je działaniu 1% kwasu cytrynowego o pH 2,2 (demineralizacja). Mikrotwardość oceniano przed rozpoczęciem zabiegów wybielania (po polerowaniu zębów), po każdym zabiegu wybielania i po demineralizacji. Stwierdzono, że pomiędzy badanymi grupami nie występowały istotne różnice w przypadku wartości kontrolnych. W trakcie trwania eksperymentu, stopniowy spadek mikrotwardości zaobserwowano w próbkach szkliwa poddanych wybielaniu żelem z dodatkiem fluoru o pH 7,0 i pH 5,7 oraz żelem bez fluoru o pH 7,0. Podobny spadek mikrotwardości stwierdzono także w przypadku zębów z grupy kontrolnej, które nie poddano wybielaniu, ale przechowywano w warunkach 100% wilgotności w temp. 37˚C przez 8 h. Natomiast znaczny spadek mikrotwardości już podczas pierwszego cyklu wybielania, zaobserwowano stosując żel bez fluoru o pH 5,7. Ponadto autorzy wykazali, że po wybielaniu, mimo wcześniejszej remineralizacji w sztucznej ślinie, szkliwo wykazywało wyższą podatność na działanie kwasów. Szczególnie podatne na utratę mikrotwardości w wyniku działania kwasów były zęby, które wybielano żelami bez fluoru (niezależnie od ich pH) oraz żelem z fluorem o pH 5,7. Zęby, które były wybielane żelem z fluorem o pH 7,0 wykazywały mniejszą podatność na działanie kwasów i utrata mikrotwardości w tym przypadku była mniejsza. Zęby, które nie były wybielane, były najmniej podatne na działanie kwasu i wykazywały najniższą utratę mikrotwardości szkliwa. W podsumowaniu autorzy stwierdzili, że niezależnie czy pH preparatu wybielającego było neutralne czy kwaśne, wybielane szkliwo było bardziej podatne na działanie kwasu. Natomiast, aby zmniejszyć ryzyko utraty mikrotwardości szkliwa podczas wybielania, a także zmniejszyć podatność wybielonego szkliwa na działanie kwasu, autorzy sugerowali, aby do wielogodzinnego wybielania stosować żel zawierający 10% nadtlenek karbamidu o neutralnym pH wzbogacony fluorem. Wyniki badań własnych, w których zastosowano 10% nadtlenek karbamidu z dodatkiem fluoru (pH 6,5) wskazywały, że odporność szkliwa po każdym kolejnym 10-godzinnym wybielaniu była niższa i po trzecim wybielaniu stanowiła 41% wartości wyjściowej (tab. 8, ryc. 1, tab. 18). Attin i wsp. [4] kontynuując swoje badania w tych samych warunkach zaobserwowali, że wzmacnianie szkliwa po wybielaniu m.in. w wyniku kontaktu ze sztuczną śliną było skuteczniejsze, gdy do wybielania wykorzystano 10% nadtlenek karbamidu wzbogacony fluorem Badania wykazały także, że żele z 10% nadtlenkiem karbamidu wzbogacone fluorem, powodowały znacząco mniejszą utratę twardości w porównaniu z żelami niewzbogaconymi fluorem [4].

Kim i wsp. [42] stosując SEM oceniali w warunkach *in vitro* zmiany w mikrostrukturze powierzchni szkliwa zębów wołu po zastosowaniu żelu Opalescence CP 10 (10% CP) bez fluoru. Sprawdzali także, który spośród zastosowanych po wybielaniu preparatów tj. 10% nanowęglan apatytu (n-CAP), *caseinphosphopeptide–amorphouscalciumphosphate* (CPP-ACP), czy 1000 ppm NaF (roztwór) spowoduje zmniejszenie uszkodzeń obserwowanych na powierzchni szkliwa po wybielaniu i po demineralizacji kwasem cytrynowym. Żel wybielający stosowano 8 h dziennie przez 14 dni w warunkach 100% wilgotności w temp. 37˚C. Między zabiegami wybielania próbki były przechowywane w destylowanej i dejonizowanej wodzie w temp. 37˚C. Po zakończeniu trwającej 14 dni procedury wybielania, próbki podzielono na 4 grupy, które poddano działaniu określonych procedur w siedmiu 24-godzinnych cyklach, obejmujących przechowywanie zębów w roztworze sztucznej śliny w temp. 37˚C (wszystkie grupy), zanurzanie 4 razy przez 3 minuty w wodzie destylowanej (grupa 1), względnie w 10% zawiesinie n-CAP (grupa 2), względnie w wodnym roztworze 1000 ppm NaF (grupa 3), a w przypadku grupy 4, 3-minutową aplikację preparatu CPP-ACP na powierzchnię szkliwa zgodnie z zaleceniami producenta. Etap demineralizacji kwasem octowym (pH 4,5) trwający w każdym cyklu 2 h, symulował warunki kwasowe jakie pojawiają się każdego dnia w jamie ustnej. Po zakończonej procedurze wybielania, autorzy stwierdzili na powierzchni szkliwa badanych próbek, obecność licznych mikroporów. W przypadku, gdy wybielane próbki przechowywane były tylko w roztworze sztucznej śliny i w wodzie destylowanej, ich powierzchnia pozostawała nadal szorstka i nierówna. Zastosowanie 10% zawiesiny n-CAP, spowodowało nie tylko zmniejszenie mikroporowatości wybielonego szkliwa, ale także utworzenie grubej i jednorodnej warstwy kryształów na jego powierzchni. Po aplikacji CPP-ACP nie uzyskano efektu wzmocnienia powierzchni wybielonego szkliwa. Natomiast zastosowanie roztworu 1000 ppm NaF wprawdzie spowodowało remineralizację wokół rdzeni pryzmatów szkliwa, to jednak pozostałe obszary szkliwa były nadal szorstkie. W wyniku przeprowadzonych badań sformułowano wniosek, że zastosowanie po wybielaniu 10% zawiesiny n-CAP może wzmacniać uszkodzoną w procesie wybielania powierzchnię szkliwa. Wyniki badań własnych wskazywały, że wielogodzinne przechowywanie zębów w roztworze sztucznej śliny pomiędzy aplikacjami 10% nadtlenku karbamidu, powodowało wzrost odporności wybielonego szkliwa na działanie kwasów, ale nigdy nie osiągnięto wartości wyjściowej. Efekt ten był tym mniejszy, im większe było uszkodzenie szkliwa po wybielaniu. Zastosowanie po całym cyklu wybielania szczotkowania zębów pastami z fluorem i

przechowywania zębów w sztucznej ślinie, również nie było na tyle efektywne, aby uzyskać wyjściową odporność szkliwa. Po 7 dniach remineralizacji odporność szkliwa na działanie kwasów wynosiła 28% (tab. 18). Burgmilier i wsp. [9] w badaniach *in vitro* oceniali wpływ 8-godzinnej aplikacji żelu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu (pH 6,4) na mikrotwardość szkliwa i na pobieranie fluoru przez szkliwo zębów wołu. Badali także jaka jest podatność wybielonego i następnie poddanego procedurom fluoryzacji szkliwa na tworzenie erozji w wyniku działania 1% roztworu kwasu cytrynowego o pH 2,26 przez 20 min. Do remineralizacji wykorzystano roztwór 2000 ppm NaF o pH 5,4 stosowany przez 2 min oraz sztuczną ślinę, w której przechowywano zęby przez ponad 14 h. Autorzy stwierdzili, że statystycznie wychwyt fluoru przez szkliwo był podobny w próbkach niewybielonych i poddanych fluoryzacji. Natomiast strukturalny wychwyt fluoru przez szkliwo był wyższy w próbkach nie poddanych wybielaniu, niż wybielanych. Wybielanie powodowało jedynie wyższą utratę jonów fluorkowych. Odporność na erozję nie wzrosła po zastosowaniu fluoryzacji po zabiegach wybielania. Obserwowana we wszystkich próbkach erozja spowodowała znaczny spadek mikrotwardości. Ponadto badanie ujawniło, że wybielanie nadtlenkiem karbamidu zmniejszało stężenie strukturalnie związanego fluoru w szkliwie, które nie mogło być zrównoważone nawet po zastosowaniu 2000 ppm NaF. Stwierdzono także, że nie jest prawdopodobne poprawienie wychwytu fluoru w szkliwie poprzez wcześniejszą aplikację żelu wybielającego zawierającego 10% nadtlenek karbamidu.

Do wybielania nocnego stosuje się również preparaty zawierające 15% i wyższe stężenia nadtlenku karbamidu. Część autorów analizowała zmiany zachodzące w strukturze szkliwa zębów pod wpływem długoczasowego i wielokrotnego wybielania preparatami zawierającymi 15% i wyższe stężenie nadtlenku karbamidu, które mogą skutkować wzrostem podatności szkliwa na demineralizację [24, 33, 54, 61]. Dudea i wsp. [24] oceniali jakie zmiany zachodzą na powierzchni szkliwa po 14 dniach 8-godzinnych aplikacji żelu zawierającego 15% nadtlenek karbamidu i żelu zawierającego 15% nadtlenek karbamidu z dodatkiem fluoru. Badania w SEM przeprowadzone po zakończeniu zabiegów wybielania wykazały na części powierzchni wybielanego szkliwa obecność głębszych rowków i szczelin. Autorzy stwierdzili również łagodny wzrost porowatości wybielonego szkliwa. Opisane zmiany występowały niezależnie, czy zastosowano żel wybielający z fluorem, czy bez fluoru. Wpływ wielogodzinnego wybielania żelem zawierającym 20% nadtlenek karbamidu na mikrotwardość szkliwa badali w warunkach *in vitro* Lisiecka i wsp. [61] oraz Grobler i wsp. [33]. Lisiecka i wsp.

[61] oceniali mikrotwardość powierzchni szkliwa zębów siecznych po zastosowaniu 20% nadtlenku karbamidu bez dodatku fluoru – preparat stosowano 8 h dziennie przez 9 dni. Pomiędzy zabiegami wybielania zęby przechowywano w fizjologicznym roztworze soli. Badania mikrotwardości przeprowadzone po zakończeniu procedury wybielania wykazały, że uległa ona zmniejszeniu średnio o 8,1% w porównaniu do wartości stwierdzonych przed wybielaniem. Natomiast Grobler i wsp. [33] do wybielania zastosowali preparat zawierający 20% nadtlenek karbamidu z dodatkiem fluoru (Opalescence® PF 20% CP), który aplikowali 8 godzin dziennie przez 14 dni. Pomiędzy zabiegami wybielania próbki szkliwa były przechowywane w roztworze sztucznej śliny. Badania mikrotwardości szkliwa przeprowadzone po 14 dniach wybielania wykazały istotny spadek mikrotwardości szkliwa w porównaniu do grupy kontrolnej, której nie poddano wybielaniu. Kusiak i wsp. [54] w badaniach *in vitro* oceniali testem CRT podatność szkliwa na demineralizację w trakcie i po wybielaniu zębów 22% nadtlenkiem karbamidu z dodatkiem fluoru. Preparat stosowano w dwóch cyklach 6-godzinnych, w dwóch cyklach 8-godzinnych oraz w dwóch cyklach 10-godzinnych. Badane zęby były umieszczane przed aplikacją i po każdej aplikacji preparatu wybielającego w roztworze sztucznej śliny na okres 12 godzin. Autorzy stwierdzili istotny wzrost podatności szkliwa na działanie kwasu po wybielaniu oraz zauważyli, że im dłuższy był czas jednorazowej ekspozycji na preparat wybielający, tym rozpuszczalność szkliwa była istotnie większa. Zaobserwowali również, że ekspozycja zębów na sztuczną ślinę powodowała istotny wzrost odporności wybielanego szkliwa na działanie kwasu, ale odporność ta była nadal niższa niż przed wybielaniem. Po pierwszej 10-godzinnej aplikacji preparatu wybielającego, autorzy zaobserwowali spadek średnich wartości CRT o 48%, a po drugiej aplikacji o 52% w stosunku do wartości wyjściowej. Natomiast w badaniach własnych po pierwszej 10-godzinnej aplikacji 16% nadtlenku karbamidu z fluorem, stwierdziłam spadek wartości testu CRT o 16%, a po drugiej o 38% w stosunku do wartości wyjściowej (tab. 18). Porównując wyniki średnich wartości testu CRT wykonanych bezpośrednio po drugiej 10-godzinnej aplikacji 22% nadtlenku karbamidu i po 12-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny, autorzy zaobserwowali wzrost wartości testu CRT o 67% [54], natomiast stwierdzony w badaniach własnych wzrost wynosił 1,4% (tab. 18). Można więc stwierdzić, że po pierwszej i drugiej aplikacji preparatów zawierających niższe stężenie nadtlenku karbamidu i wzbogaconych fluorem, spadek odporności szkliwa był niższy niż w przypadku 22% nadtlenku karbamidu, który był stosowany w podobnych warunkach.

Zmiany w szkliwie po krótszej aplikacji preparatów zawierających 10% lub 16% nadtlenek karbamidu z uwzględnieniem aspektu remineralizacji na podstawie piśmiennictwa i wyników badań własnych (Grupa III i IV).

Analizując, jak zmienia się podatność szkliwa na demineralizację po 2-godzinnej aplikacji żelu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu wzbogacony fluorem, którą powtarzano 3-krotnie w odstępach 22-godzinnych (Grupa III), stwierdziłam na podstawie testów CRT-W wykonywanych każdorazowo po zabiegu wybielania, że podatność ta była istotnie wyższa niż stwierdzona przed rozpoczęciem całego eksperymentu (CRT-K-1). Porównując wartości testów CRT-W wykonywanych kolejno po każdej 2-godzinnej aplikacji żelu zaobserwowałam, że ulegały one stopniowemu obniżeniu i w każdym przypadku był to spadek istotny statystycznie. Po ostatnim trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 46% odporności wyjściowej. Każdorazowe przechowywanie zębów przez 22 godziny w roztworze sztucznej śliny po wybielaniu, we wszystkich przypadkach powodowało istotny wzrost wartości CRT-S (co oznaczało wzrost odporności szkliwa na demineralizację), ale były to wartości zawsze istotnie statystycznie niższe niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1). Po ostatnim zabiegu wybielania i po ostatnim przechowywaniu zębów w sztucznej ślinie stwierdzona odporność szkliwa wynosiła 60% wartości wyjściowej CRT-K-1. Uzyskane wyniki sugerują, że wielogodzinny kontakt wybielanych zębów ze sztuczną śliną nie był na tyle wystarczający, aby doprowadzić do odporności szkliwa, którą stwierdzano przed rozpoczęciem wybielania (tab. 12, ryc. 11, tab. 18). Zabiegi remineralizacyjne (szczotkowanie zębów pastami zawierającymi fluor i jednoczesne przechowywanie w roztworze sztucznej śliny) prowadzone po zakończeniu wybielania przez okres 7 dni, dały efekt w postaci istotnego wzrostu odporności szkliwa na demineralizację, ale była to nadal wartość istotnie niższa w porównaniu do wartości wyjściowej i wynosiła 82% wartości wyjściowej CRT-K-1. (tab. 13, ryc. 11, tab. 18). Po 14 zabiegach szczotkowania pastą Duraphat® 5000 i wielogodzinnym przechowywaniu 10 zębów w roztworze sztucznej śliny pomiędzy tymi zabiegami, wartość testu CRT-R była niższa tylko o 10% w porównaniu do wartości kontrolnej CRT-K-1. Natomiast po 14 zabiegach remineralizacji pastą Sensodyne® i wielogodzinnym przechowywaniu 10 zębów w roztworze sztucznej śliny pomiędzy tymi zabiegami, wartość testu CRT-R była niższa o 25% w porównaniu do wartości kontrolnej CRT-K-1. Uzyskane wyniki wskazują, że zastosowane przez tydzień po wybielaniu zabiegi remineralizacyjne (szczególnie z wykorzystaniem pasty Duraphat®

5000), wyraźnie wzmacniały odporność szkliwa na działanie kwasu, jednak nadal nie była to odporność wyjściowa (CRT-K-1).

Podobne wyniki, jak w przypadku krótko czasowego stosowania 10% nadtlenku karbamidu (Grupa III), uzyskano stosując w zbliżonych warunkach eksperymentu 16% nadtlenek karbamidu również wzbogacony fluorem (Grupa IV). Analizując, jak zmienia się podatność szkliwa na demineralizację po 4-godzinnej aplikacji tego żelu, którą powtarzano 3-krotnie w odstępach 18-godzinnych, stwierdziłam na podstawie testów CRT-W wykonywanych każdorazowo po zabiegu wybielania, że podatność ta była istotnie wyższa niż stwierdzona przed rozpoczęciem całego eksperymentu (CRT-K-1). Porównując wartości testów CRT-W wykonywanych po każdej 4-godzinnej aplikacji żelu wybielającego zaobserwowałam, że ulegały one każdorazowo stopniowemu i istotnemu obniżeniu. Po ostatnim trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 43% odporności wyjściowej. Każdorazowe przechowywanie zębów przez 18 godzin w roztworze sztucznej śliny po wybielaniu, powodowało wzrost wartości CRT-S, ale tylko w jednym przypadku był to wzrost istotny statystycznie. Mimo obserwowanego wzrostu odporności szkliwa, była ona nadal istotnie niższa niż wartość wyjściowa (CRT-K-1). Po ostatnim zabiegu wybielania i po ostatnim przechowywaniu zębów w sztucznej ślinie stwierdzona odporność szkliwa wynosiła 45% wartości wyjściowej CRT-K-1. Uzyskane wyniki sugerują, że również w Grupie IV wielogodzinny kontakt wybielanych zębów ze sztuczną śliną nie był wystarczający, aby doprowadzić do odporności szkliwa na działanie kwasów, którą stwierdzano przed rozpoczęciem wybielania (tab. 14, ryc. 16, tab. 18). Natomiast zabiegi remineralizacyjne (szczotkowanie zębów pastami zawierającymi fluor i jednoczesne przechowywanie w roztworze sztucznej śliny) prowadzone po zakończeniu wybielania przez 7 dni, wprawdzie dały efekt w postaci istotnego wzrostu odporności szkliwa na demineralizację, ale były to nadal wartości istotnie niższe w porównaniu do wartości wyjściowej i stanowiły 75% wartości wyjściowej CRT-K-1. (tab. 15, ryc. 16). Po 14 zabiegach szczotkowania pastą Duraphat® 5000 i wielogodzinnym przechowywaniu 10 zębów w roztworze sztucznej śliny pomiędzy tymi zabiegami, wartość testu CRT-R była niższa o 21% w porównaniu do wartości kontrolnej CRT-K-1. Natomiast po 14 zabiegach remineralizacji pastą Sensodyne® i wielogodzinnym przechowywaniu 10 zębów w roztworze sztucznej śliny pomiędzy tymi zabiegami, wartość testu CRT-R była niższa o 29% w porównaniu do wartości kontrolnej CRT-K-1. Można więc sądzić, że zastosowane przez tydzień po wybielaniu zabiegi remineralizacyjne zarówno z wykorzystaniem pasty Duraphat® 5000

jak i pasty Sensodyne® , wprawdzie były efektywne, ale nie wystarczające, aby uzyskać wyjściową odporność szkliwa.

Porównując wyniki badań uzyskane w Grupach III i IV stwierdziłam, że niezależnie czy zastosowano żel zawierający 10% czy 16% nadtlenek karbamidu wzbogacony fluorem, dwu- lub czterogodzinna trzykrotna aplikacja tych preparatów powodowała podobne skutki w postaci stopniowego obniżenia średnich wartości testu CRT-W. Po ostatnim trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów była w obu grupach podobna, czyli w przypadku zastosowania preparatu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu stanowiła 45%, a po zastosowaniu preparatu zawierającego 16% nadtlenek karbamidu 43% odporności wyjściowej. Stwierdzono także, że zarówno w Grupie III, w której zastosowano 10% nadtlenek karbamidu (jednorazowa aplikacja – 2 godziny) i w Grupie IV, w której zastosowano16% nadtlenek karbamidu (jednorazowa aplikacja – 4 godziny), przechowywanie zębów w roztworze sztucznej śliny powodowało istotny wzrost wartości testu CRT-S, ale były to nadal wartości istotnie statystycznie niższe niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1). Po ostatnim zabiegu wybielania i po ostatnim przechowywaniu zębów w sztucznej ślinie stwierdzona odporność szkliwa wynosiła 60% wartości wyjściowej CRT-K-1 (Grupa III) i 45% w przypadku Grupy IV. Dało to podstawę do stwierdzenia, że wielogodzinny kontakt zębów ze sztuczną śliną pomiędzy zabiegami wybielania w obu grupach nie był na tyle wystarczający, aby uzyskać odporność, którą stwierdzano przed wybielaniem. Natomiast zabiegi remineralizacyjne prowadzone po zakończeniu wybielania przez okres 7 dni, w obu grupach dały podobny efekt w postaci istotnego wzrostu odporności szkliwa na działanie kwasów, przy czym pozostawała ona nadal istotnie niższa w porównaniu do wartości wyjściowych i wynosiła ogółem w Grupie III 82% , a Grupie IV 75% wartości wyjściowej CRT-K-1. Można więc sądzić, że niezależnie od stężenia preparatu (10% czy 16% nadtlenek karbamidu, nawet gdy jest on wzbogacony fluorem), dwugodzinna lub czterogodzinna aplikacja tych preparatów powtarzana trzykrotnie, wymaga jednak stosowania zabiegów remineralizacyjnych dłużej niż 7 dni. W Grupie III, po zastosowaniu do szczotkowania pasty Duraphat® 5000 uzyskano lepszy efekt remineralizacji, niż w przypadku pasty Sensodyne®.

Jak wynika z dostępnego piśmiennictwa, zmiany zachodzące w strukturze szkliwa zębów pod wpływem krótkotrwałego wybielania szkliwa preparatami zawierającymi różne stężenia nadtlenku karbamidu (8%, 10%, 16%, 35%), które mogą skutkować wzrostem podatności szkliwa na działanie kwasu, były przedmiotem badań wielu autorów [1, 19, 26, 30, 33, 57, 68, 78, 98]. Najwięcej badań dotyczyło zmian mikrotwardości i morfologii

powierzchownych struktur szkliwa, obserwowanych po krótkotrwałym wybielaniu nadtlenkiem karbamidu i wpływu tych zmian na wzrost podatności wybielanego szkliwa na działanie kwasów. Ponadto badano, jaki efekt mają różne procedury remineralizacyjne stosowane na wybielone szkliwo. Większość autorów stwierdziła, że nawet krótka aplikacja preparatów z nadtlenkiem karbamidu, szczególnie o wysokim stężeniu, może pogarszać badane parametry powierzchownych struktur szkliwa, co może sprzyjać wzrostowi podatności wybielanego szkliwa na działanie kwasów. Niektóre procedury remineralizacyjne, a także wzbogacanie preparatów wybielających o związki fluoru lub wapnia, mogą redukować negatywny wpływ wybielania. Jednak niektóre wyniki nie potwierdzały pozytywnego wpływu wybranych procedur remineralizacyjnych. Inni autorzy uważali, że zmiany w szkliwie są nieznaczne i w warunkach klinicznych, mogą być niezauważalne. Zanter i wsp. [98] w badaniach *in vitro* oceniali wpływ krótkoczasowego wybielania preparatami z nadtlenkiem karbamidu (stosowanymi do wybielania domowego) oraz sztucznej śliny na mikrotwardość ludzkiego szkliwa. Zęby były wybielane przez 14 dni w czasie zgodnym z zaleceniami producenta. W badaniach zastosowano Viva Style Paint® zawierający 8% nadtlenek karbamidu, który stosowano 1x lub 2x dziennie po 20 min., Vivastyle® zawierający 8% nadtlenek karbamidu (2x dziennie po 5 min.), Viva Style 10% zawierający 10% nadtlenek karbamidu (1x dziennie przez 1 h). Odstęp czasu pomiędzy kolejnymi etapami wybielania wynosił 8 h. Przez 14 dni przed rozpoczęciem wybielania, w trakcie wybielania a także 6 tygodni po zakończeniu wybielania zęby były przechowywane w temp. 37˚C w sztucznej ślinie, która była wymieniana codziennie. Mikrotwardość szkliwa była oceniana przed rozpoczęciem wybielania i po jego zakończeniu oraz po 6 tygodniach przechowywania w sztucznej ślinie. Autorzy nie stwierdzili istotnych zmian w mikrotwardości szkliwa po zastosowaniu preparatów wybielających zawierających 8% lub 10% nadtlenek karbamidu. Analiza wyników wykazała także, że po wybielaniu i po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny mikrotwardość szkliwa nie różniła się istotnie. Wyniki badań własnych wskazują, że po 2-godzinnej aplikacji 10% nadtlenku karbamidu powtarzanej 3-krotnie, dochodziło do istotnego spadku wartości testu CRT, natomiast wielogodzinny kontakt ze sztuczną śliną każdorazowo powodował wzrost wartości testu CRT, czyli wzrost odporności na działanie kwasu (tab. 12, ryc. 11, tab. 18).

Grobler i wsp. [33] w badaniach *in vitro* oceniali mikrotwardość szkliwa po krótkiej aplikacji preparatów zawierających 30% i 45% nadtlenek karbamidu. W badaniach zastosowano Yotuel® Patient 30% CP zawierający fluorek potasu (10 minut dziennie

przez 14 dni) oraz Opalescence® Quick PF 45% CP zawierający 0,11% fluoru (30 minut dziennie przez 14 dni). W okresie między zabiegami wybielania, zęby przechowywano roztworze sztucznej śliny. Porównując uzyskane wyniki autorzy stwierdzili, że wszystkie zastosowane preparaty spowodowały różnego stopnia spadek mikrotwardości szkliwa. Zaobserwowano, że dłuższy czas kontaktu preparatu wybielającego z powierzchnią szkliwa wpływał negatywnie na mikrotwardość. Natomiast obecność fluoru w preparatach wybielających zmniejszała uszkodzenia szkliwa wywołane działaniem czynnika aktywnego. Davari i wsp. [19] badali mikrotwardość szkliwa zębów przednich po aplikacji 10% nadtlenku karbamidu. W okresie między kolejnymi etapami wybielania próbki szkliwa były przechowywane w wodzie destylowanej. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzili, że aplikacja 10% nadtlenku karbamidu przez 21 dni po 4 h dziennie, nie wpływała na twardość szkliwa. W drugim etapie badań autorzy analizowali wpływ, jaki mogą mieć na mikrotwardość szkliwa preparaty stosowane w celu remineralizacji wykonywanej po upływie 4 h od zakończenia wybielania. W badaniach wzięli pod uwagę pastę Tooth Mousse (Japan GC) z wysoką zawartością NaF (900 ppm), pastę MI plus (Japan GC), pastę zawierającą 1450 ppm F (Germany, Crest), świeże mleko (Japan, Mihan) oraz wodę destylowaną. Po analizie uzyskanych wyników autorzy stwierdzili wzrost mikrotwardości szkliwa wybielanych zębów jedynie po zastosowaniu mleka [19]. Podobne badania, jak w przypadku 10% nadtlenku karbamidu, przeprowadzili Davari i wsp. [19] aplikując na szkliwo 22% nadtlenek karbamidu. Również i w przypadku tego preparatu autorzy stwierdzili obniżenie twardości wybielanego szkliwa. Natomiast inne wyniki uzyskali stosując po upływie 4 h od zakończenia wybielania 22% nadtlenkiem karbamidu te same preparaty w celu remineralizacji, jak w przypadku 10% nadtlenku karbamidu. Wzrost mikrotwardości wybielonego szkliwa uzyskano po aplikacji pasty zawierającej 1450 ppm F. Pasta MI plus (Japan, GC), ani świeże mleko nie miały wpływu na twardość wybielanego szkliwa. Natomiast po zastosowaniu na wybielone szkliwo pasty Tooth Mousse (Japan, GC) z wysoką zawartością NaF (900 ppm), stwierdzono spadek mikrotwardości szkliwa, co autorzy tłumaczyli obecnością kwasu fosforowego w składzie pasty. Ich zdaniem kwas fosforowy w stężeniu 0,2-0,3% jest dodawany w celu neutralizacji zasadowego odczynu składników pasty oraz w celu zwiększenia efektywności jej działania [19].

Abouassi i wsp. [1] dokonali oceny zmian morfologicznych i mikrotwardości powierzchni szkliwa zębów wołu po wybielaniu żelami zawierającymi 10% i 35% nadtlenek karbamidu. Żele zgodnie z informacją producenta zawierały te same składniki.

Niezależnie od rodzaju preparatu wybielającego, zęby wybielano 2 h dziennie, powtarzając ten zabieg co drugi dzień przez okres 2 tygodni. Grupę kontrolną stanowiły zęby niewybielane. Przed rozpoczęciem procesu wybielania i po jego zakończeniu badano powierzchowną szorstkość szkliwa stosując profilometr z laserem diodowym. Ponadto przed rozpoczęciem procesu wybielania i po jego zakończeniu zastosowano SEM do oceny morfologii powierzchni szkliwa oraz zmierzono mikrotwardość szkliwa (metoda Knoppa). Podczas eksperymentu wszystkie próbki były przechowywane w roztworze sztucznej śliny. Po zastosowaniu 35% nadtlenku karbamidu badania SEM wykazały obecność niewielkich zmian morfologicznych w postaci defektów na powierzchni szkliwa, natomiast w przypadku 10% nadtlenku karbamidu stwierdzono jedynie minimalne powierzchowne zmiany w strukturze szkliwa. Autorzy zauważyli, że obserwowane zmiany były mniejsze, niż w przypadku wybielania preparatami zawierającymi 3,6% lub 10% nadtlenek wodoru. Natomiast oceniając mikrotwardość szkliwa stwierdzili, że spadała ona istotnie po zastosowaniu 35% nadtlenku karbamidu. Podsumowując autorzy stwierdzili, że obserwowane w badaniu SEM zmiany w szkliwie po zastosowaniu preparatów zawierających 10% lub 35% nadtlenek karbamidu, w warunkach klinicznych są one prawdopodobnie nieistotne, dlatego też ich zdaniem wybielanie jest metodą minimalnie inwazyjną i w związku z tym bezpieczną dla szkliwa. Porównując wyniki własne dotyczące 2-godzinnego wybielania 10% nadtlenkiem karbamidu z fluorem i 4-godzinnego wybielania 16% nadtlenkiem karbamidu z fluorem, można stwierdzić że po trzecim zabiegu wybielania stopień utraty odporności szkliwa na działanie kwasu był podobny w obu przypadkach i wynosił odpowiednio 46% i 43% wartości wyjściowej (tab. 18)

Latha i wsp. [57] analizowali zmiany w morfologii powierzchni szkliwa po zastosowaniu preparatu Pola Night, zawierającego 16% nadtlenek karbamidu wzbogacony fluorem. Preparat aplikowali 90 min. dziennie przez 15 dni, natomiast pomiędzy zabiegami wybielania zęby przechowywali w wodzie destylowanej. W badaniu SEM i AFM autorzy stwierdzili niewielką szorstkość szkliwa oraz obecność szczelinowatych rowków. Petrasz i Lisiecka [78] oceniały w warunkach *in vitro* wpływ preparatów zawierających 10% lub 35% nadtlenek karbamidu wzbogaconych fluorem (Opalescence, Ultradent) na morfologię powierzchni szkliwa. Oba preparaty aplikowano na powierzchnię zębów przez 5 dni po 2 h dziennie. W okresie między tymi zabiegami, zęby umieszczano w roztworze soli fizjologicznej. Kontrolę stanowiły niewybielane próbki szkliwa przechowywane przez cały okres eksperymentu w roztworze soli fizjologicznej zmienianej raz dziennie. Wyniki badań wskazywały na uszkodzenia struktury szkliwa pochodzenia mechanicznego i

chemicznego. W porównaniu z kontrolą na powierzchni szkliwa wybielanego 10% nadtlenkiem karbamidu, stwierdzono wzrost porowatości oraz płytkie zagłębienia, dołki i rowki. Uszkodzenia te miały jednak charakter łagodniejszy niż po zastosowaniu 35% nadtlenku karbamidu. Ponadto obraz uszkodzeń po wybielaniu 35% nadtlenku karbamidu był bardziej zróżnicowany - szkliwo było wyraźnie chropowate, stwierdzano liczne dołki, bruzdy, pęknięcia i uszkodzenia o charakterze nadżerek, obserwowane zmiany miały niekiedy znaczną głębokość i nieregularny kształt**.** Martin i wsp. [68] w badaniach *in vitro* wykazali, że po wybielaniu szkliwa 16% nadtlenkiem karbamidu 4 h dziennie przez 21 dni, w obrazie SEM widoczne były niewielkie zmiany morfologiczne na powierzchni wybielanego szkliwa. Autorzy stwierdzili także, że codzienne stosowanie 0,05% NaF lub raz w tygodniu 0,2% NaF nie było skuteczne w redukowaniu powstałej po wybielaniu szorstkości szkliwa. Natomiast stosowanie miejscowo 2% NaF na początku i po zakończeniu wybielania względnie tylko po wybielaniu redukowało szorstkość wybielanego szkliwa. Gjorgievska i Nicholson [30] w badaniach *in vitro* oceniali wpływ wybielania na strukturę szkliwa preparatu Mirawhite Pro zawierającego 16% nadtlenek karbamidu. Z przeprowadzonych badań wynikało, że wybielanie szkliwa przez 7 dni po 8 min. dziennie, spowodowało zmiany morfologiczne w powierzchni szkliwa, które opisano jako nieznaczne wytrawienie, porowatość, nieregularności powierzchni i depresje morfologiczne. W drugim etapie badań oceniano potencjał remineralizacyjny szkła bioaktywnego NovaMin®, które stanowi składnik dwóch różnych past: Mirawhite Tc (5,5% NovaMin) oraz Nanosensitive hca (7% NovaMin). Pasty te aplikowano na powierzchnię szkliwa po każdym cyklu wybielania przez 5 min. Autorzy stwierdzili, że po zastosowaniu obu past zawierających bioaktywne szkło NovaMin®, dochodziło do utworzenia na powierzchni wybielonego szkliwa warstwy ochronnej zawierającej wapń i fluor, co sugerowało znaczny potencjał remineralizacyjny tych past. Zdaniem autorów stosowanie tego typu past po zabiegach wybielania jest celowym zabiegiem, ponieważ wpływa korzystnie na remineralizację uszkodzonego w wyniku procesów wybielania szkliwa. Badania własne wskazują na pozytywne skutki tygodniowej remineralizacji szkliwa, które było wcześniej wybielane 10% nadtlenkiem karbamidu z fluorem (3x po 2 h) i 16% nadtlenkiem karbamidu z fluorem (3x po 4 h). Szczotkowanie wybielonego szkliwa 2x dziennie przez 7 dni pastami Duraphat® 5000 lub Sensodyne® z jednoczesnym przechowywaniem w sztucznej ślinie powodowało istotny wzrost odporności szkliwa odpowiednio do 82% i 75% wartości wyjściowej (tab. 14, ryc. 16, tab. 15, tab. 18).

Efeoglu i wsp. [26] w badaniach *in vitro* oceniali, czy wybielanie żelem zawierającym 35% nadtlenek karbamidu (Opalescence Quick, Ultradent) wpływa na stężenie składników mineralnych w szkliwie i zębinie. Preparat aplikowano na tkanki zęba przez 2 h, następnie były one przechowywane w sztucznej ślinie przez 24 h. W wyniku przeprowadzonych badań z zastosowaniem micro-CT skanera stwierdzono, że doszło do znacznej redukcji składników nieorganicznych szkliwa, co świadczyło o znacznej jego demineralizacji. Podobnych zmian po wybielaniu nie obserwowano w zębinie.

Zmiany w szkliwie po krótkiej aplikacji preparatu zwierającego 35% nadtlenek wodoru z uwzględnieniem aspektu remineralizacji na podstawie piśmiennictwa i wyników badań własnych (Grupa V).

Analizując, jak zmienia się podatność szkliwa na demineralizację po 10-minutowej aplikacji żelu zawierającego 35% nadtlenku wodoru (bez dodatku fluoru), którą powtarzano 3-krotnie w odstępach 20-godzinnych, stwierdziłam na podstawie testów CRT-W wykonywanych każdorazowo po zabiegu wybielania, że podatność ta była istotnie wyższa niż stwierdzona przed rozpoczęciem całego eksperymentu (CRT-K-1). Porównując wartości testów CRT-W wykonywanych po każdej 10-minutowej aplikacji żelu wybielającego zaobserwowałam, że ulegały one stopniowemu obniżeniu, ale nie w każdym przypadku był to spadek istotny statystycznie. Po ostatnim trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 46% odporności wyjściowej (tab. 18). Każdorazowe przechowywanie zębów przez 20 godzin w roztworze sztucznej śliny po wybielaniu, we wszystkich przypadkach powodowało istotny wzrost wartości CRT-S (co oznaczało wzrost odporności szkliwa na demineralizację), ale były to wartości zawsze istotnie statystycznie niższe niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1). Po ostatnim zabiegu wybielania i po ostatnim przechowywaniu zębów w sztucznej ślinie stwierdzona odporność szkliwa wynosiła 70% wartości wyjściowej CRT-K-1. Uzyskane wyniki sugerują, że wielogodzinny kontakt wybielanych zębów ze sztuczną śliną nie był na tyle wystarczający, aby doprowadzić do odporności szkliwa na działanie kwasów, którą stwierdzano przed rozpoczęciem wybielania (tab. 16, ryc. 21, tab. 18). Natomiast zabiegi remineralizacyjne (szczotkowanie zębów pastami zawierającymi fluor i jednoczesne przechowywanie w roztworze sztucznej śliny) prowadzone po zakończeniu wybielania przez 7 dni, dały efekt w postaci istotnego wzrostu odporności szkliwa na demineralizację, ale również była to nadal wartość istotnie niższa w porównaniu do wartości wyjściowej i wynosiła ogółem 81% wartości wyjściowej CRT-K-1 (ryc. 21, tab. 18). Po 14 zabiegach szczotkowania pastą Duraphat® 5000 i wielogodzinnym przechowywaniu 10 zębów w

roztworze sztucznej śliny pomiędzy tymi zabiegami, wartość testu CRT-R była niższa o 14% w porównaniu do wartości kontrolnej CRT-K-1. Natomiast po 14 zabiegach remineralizacji pastą Sensodyne® i wielogodzinnym przechowywaniu 10 zębów w roztworze sztucznej śliny pomiędzy tymi zabiegami, wartość testu CRT-R była niższa o 23% w porównaniu do wartości kontrolnej CRT-K-1 (tab. 17). Można więc sądzić, że zastosowane przez tydzień po wybielaniu zabiegi remineralizacyjne zarówno z wykorzystaniem pasty Duraphat® 5000 jak i pasty Sensodyne®, wprawdzie były efektywne, ale nie na tyle wystarczające, aby uzyskać wyjściową odporność szkliwa, przy czym po zastosowaniu do szczotkowania pasty Duraphat® 5000 uzyskano lepszy efekt remineralizacji niż w przypadku pasty Sensodyne®. Uzyskane wyniki badań wskazują na konieczność stosowania opisanych zabiegów remineralizacyjnych przez dłuższy niż 7 dni okres czasu.

Jak wynika z dostępnego piśmiennictwa, szereg prac dotyczyło zmian w strukturach szkliwa powstałych w wyniku krótkotrwałego wybielania preparatami zawierającymi różne stężenia nadtlenku wodoru, a które mogły skutkować wzrostem podatności szkliwa na demineralizację [1, 16, 18, 20, 28, 33, 40, 57, 68, 70, 71, 80, 90, 97, 98]. Kusiak i wsp. [55] w badaniach *in vitro* oceniali testem CRT podatność szkliwa na demineralizację po ekspozycji na preparat wybielający zawierający 35% nadtlenek wodoru bez dodatku fluoru (Pola Office, SDI), który stosowano przez 15 min. i zabieg ten powtórzono po upływie 7 dni. W okresie między zabiegami wybielania i 7 dni po drugim wybielaniu, zęby były przechowywane w roztworze sztucznej śliny. Autorzy stwierdzili, że po każdym cyklu wybielania, szkliwo były istotnie bardziej podatne na działanie kwasów niż przed wybielaniem. Podatność szkliwa po pierwszym wybielaniu była zbliżona do podatności stwierdzanej po drugim wybielaniu. Po każdym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny następował istotny wzrost wartości testu CRT, co oznaczało wzrost odporności szkliwa na działanie kwasu, ale nadal wartości testu CRT były niższe niż stwierdzane przed wybielaniem. W badaniach własnych zastosowano preparat wybielający Bianco Professional (Molteni Dental) zawierający również 35% nadtlenek wodoru bez dodatku fluoru**.** Preparat aplikowano na szkliwo 10 min. powtarzając ten zabieg 3-krotnie. Pomiędzy zabiegami wybielania zęby przechowywano w sztucznej ślinie przez 20 h. Uzyskane wyniki były zbliżone do tych, które przedstawili Kusiak i wsp. [55]. Stwierdziłam istotny spadek wartości testu CRT po wybielaniu w porównaniu do wartości kontrolnych, co oznaczało istotny wzrost podatności wybielanego szkliwa na działanie kwasów (tab. 16, ryc. 21, tab. 18). Również, podobnie jak w przypadku Kusiak i wsp.

[55], po każdym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny obserwowałam istotny wzrost wartości testu CRT, ale nadal były to wartości niższe niż przed rozpoczęciem procesu wybielania (tab. 16, ryc. 21, tab. 18).

Większość badaczy analizowała skutki wybielania preparatami zawierającymi nadtlenek wodoru, które mogą świadczyć o zmniejszeniu odporności szkliwa na działanie kwasów, biorąc pod uwagę takie parametry jak, mikrotwardość szkliwa [16, 18, 20, 21, 33, 40, 70, 97, 98,], morfologia powierzchni [28, 57], chropowatość [20, 70]. Sprawdzali także jaki jest stopień utraty jonów wapniowych podczas wybielania [90], jak zmienia się opór elektryczny badanych tkanek [80] oraz ich gęstość optyczna [71]. Drugim problemem poruszanym przez badaczy były możliwości zmniejszenia skutków wybielania w drodze różnych procedur remineralizacyjnych stosowanych przed wybielaniem, w trakcie lub po ukończeniu zabiegów wybielania [20, 28, 40, 71, 90, 97]. Uzyskane wyniki nie były jednoznaczne.

Yesilyurt i wsp. [97] badali mikrotwardość szkliwa przed i po jego wybielaniu preparatem Opalescence zawierającym 35% nadtlenek wodoru, który stosowano 3-krotnie w 5-dniowych odstępach każdorazowo przez 15 min. Pomiędzy kolejnymi etapami wybielania zęby były przechowywane w roztworze sztucznej śliny. Uzyskane wyniki wskazywały na spadek mikrotwardości szkliwa po wybielaniu. Oceniając wpływ, jaki na mikrotwardość szkliwa mają aplikacje przez 3-4 min. środków zawierających jony Ca^{+2} przed, w trakcie i po wybielaniu, autorzy zastosowali w badaniach pastę Pro-Argin, preparat zawierający 1,23% APF oraz preparat zawierający CPP-ACP. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowanie w/w preparatów po zakończeniu procedury wybielania, powodowało wzrost twardości szkliwa w porównaniu z grupą kontrolną, w której nie zastosowano żadnego z preparatów opartych na jonach wapnia. Natomiast pomiędzy poszczególnymi grupami wybielanych zębów nie zauważono istotnych różnic. Stwierdzono ponadto, że stosowanie pasty Pro-Argin w przebiegu wybielania, może mieć pozytywny efekt na twardość powierzchni szkliwa, równorzędny z zastosowaniem preparatu CPP-ACP oraz z zastosowaniem 1,23% APF. Sformułowano także wniosek, że wybielanie może spowodować znaczną stratę mikrotwardości szkliwa, szczególnie w przypadku, gdy nie będzie się stosować w trakcie i po zakończeniu wybielania środków mających działanie ochronne lub remineralizujące. Jednocześnie wykazano, że pasta Pro-Argin może być użyteczna jako środek terapeutyczny w celu redukcji efektów ubocznych zabiegów wybielania obserwowanych w szkliwie. Również Chrobak i Kaczmarek [16] oceniali w warunkach *in vitro* wpływ wybielania zębów na

mikrotwardość szkliwa. W badaniach zastosowali LaserSmile Teeth Whitening System, w którym żel zawierający 37% nadtlenek wodoru o pH 7, aktywowano laserem diodowym. Szkliwo zębów poddano działaniu preparatu 3-krotnie po 12 min. Badanie testem Vickersa powierzchni wybielanego szkliwa wykazało istotną statystycznie redukcję jego mikrotwardości w porównaniu do szkliwa niewybielanego. Autorzy zwrócili uwagę na konieczność powtórzenia tych badań w warunkach klinicznych, z uwagi na remineralizujące zdolności śliny, które mogą w istotny sposób zmniejszyć negatywne skutki wybielania. Zanter i wsp. [98] w badaniach *in vitro* oceniali wpływ preparatów do wybielania domowego zawierających niskie stężenia nadtlenku wodoru i chlorynu sodu na mikrotwardość ludzkiego szkliwa. Przed rozpoczęciem wybielania i po wybielaniu zęby były przechowywane w sztucznej ślinie. Mikrotwardość była oceniana przed rozpoczęciem wybielania i po jego zakończeniu oraz po 6 tygodniach przechowywania w sztucznej ślinie. W badaniach zastosowano różne preparaty wybielające: Colgate Simply White zawierający 5,9% nadtlenek wodoru (2 razy dziennie po 30 min.), Blend-a-med Whitestrips zawierające 5,9% nadtlenek wodoru (2 razy dziennie po 30 min.) oraz Odol-med.-3 Beauty-Kur zawierający chloryn sodu (2 razy dziennie po 10 min.). W każdej z grup gwarantowany odstęp czasu pomiędzy kolejnymi etapami wybielania wynosił 8 h. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono istotny spadek mikrotwardości szkliwa niezależnie od zastosowanego preparatu w porównaniu z wartościami wyjściowymi. Zdaniem autorów, preparaty zawierające nadtlenek wodoru mają znaczący wpływ na powierzchowną mikrotwardość szkliwa ludzkiego w badaniach *in vitro*. Stwierdzono także, że preparaty wybielające zawierające w składzie chloryn sodu wskutek zastosowania kwasu jako aktywatora procesu wybielania, powodują znaczną redukcję mikrotwardości szkliwa. Grobler i wsp. [33] w badaniach *in vitro* oceniali wpływ różnych stężeń nadtlenku wodoru i czasu jego aplikacji na mikrotwardość szkliwa. W badaniach zastosowano Opalescence® TreswhiteSupreme 10% HP (30 minut dziennie przez 14 dni), Yotuel® Special 35% HP (3-krotnie w jednej sesji po 15 minut), Opalescence® Boost 38% HP (4-krotnie po 5 minut). W okresie między zabiegami wybielania zęby przechowywano w roztworze sztucznej śliny. W wyniku przeprowadzonych badań zaobserwowano, że wszystkie preparaty wybielające spowodowały spadek mikrotwardości szkliwa z wyjątkiem preparatu Opalescence® Boost 38% HP, który był stosowany najkrócej. Stwierdzono również, że dłuższy czas kontaktu preparatu wybielającego z powierzchnią szkliwa wpływał negatywnie na mikrotwardość. Kaur i wsp. [40] w badaniach *in vitro* badali zmiany mikrotwardości szkliwa po wybielaniu preparatem

zawierającym 35% nadtlenek wodoru i po zastosowaniu na wybielane szkliwo preparatów remineralizujących. Autorzy stwierdzili, że w wyniku wybielania doszło do spadku mikrotwardości szkliwa. Wyniki badań własnych również wskazywały, że wybielanie 35% nadtlenkiem wodoru powodowało spadek odporności szkliwa na demineralizację do 46% wartości wyjściowej (tab. 16, tab. 18). W drugim etapie badania autorzy oceniali efekt 3-minutowego działania preparatu remineralizującego Tooth Mousse (GC) oraz Toothmin Tooth Cream na mikrotwardość wybielanego szkliwa oraz 7 dni przechowywania w sztucznej ślinie. Wyniki badań wskazywały, że po 7 dniach w wyniku zastosowanych procedur remineralizacyjnych doszło do wzrostu mikrotwardości wybielonego szkliwa. W przypadku preparatu Toothmin Tooth Cream osiągnięto lepszy efekt remineralizacji niż po zastosowaniu Tooth Mousse (GC), ale różnica była nieznaczna. Odnosząc do przedstawionych danych, wyniki badań własnych dotyczących skutków 7-dniowej remineralizacji, można stwierdzić, że po tygodniu szczotkowania pastą Sensodyne® lub pastą Duraphat® 5000 i przechowywaniu w roztworze sztucznej śliny, odporność szkliwa na demineralizację istotnie wzrastała i wynosiła średnio 81% wartości wyjściowej (ryc 21, tab. 18).

Próbując określić zależność pomiędzy stężeniem nadtlenku wodoru i czasem jego aplikacji a częstością występowania skutków ubocznych, de Abreu i wsp. [20] w badaniach *in vitro* zastosowali preparaty o wysokim stężeniu nadtlenku wodoru (38% nadtlenek wodoru i 35% nadtlenek wodoru) oraz porównawczo preparaty o niskim stężeniu (7,5% nadtlenek wodoru i 9,5 % nadtlenek wodoru). W badaniach zastosowano także 7,5% nadtlenek wodoru z dodatkiem ACP oraz 9,5% nadtlenek wodoru z dodatkiem ACP. Preparaty o wysokim stężeniu nadtlenku wodoru były aplikowane trzykrotnie, każdorazowo po 8 minut, natomiast preparaty o niskim stężeniu nadtlenku wodoru były aplikowane przez 21 dni po 30 min na dobę. Stwierdzono, że w trakcie wybielania 38% nadtlenkiem wodoru znacząco wzrastała powierzchowna szorstkość szkliwa. Ulegała ona zmniejszeniu po 14-dniowym przechowywaniu wybielonych próbek szkliwa w roztworze sztucznej śliny. Natomiast analizując mikrotwardość szkliwa autorzy zauważyli, że obniżała się ona w trakcie wybielania, niezależnie od zastosowanego stężenia nadtlenku wodoru oraz obecności lub braku składnika remineralizującego, którym był amorficzny fosforan wapnia (ACP). Po przechowywaniu wybielonych próbek przez 14 dni w roztworze sztucznej śliny, następował wzrost mikrotwardości szkliwa i była ona zbliżona do wartości uzyskanych przed wybielaniem.

Abouassi i wsp. [1] w warunkach *in vitro* badali zmiany morfologiczne i oceniali mikrotwardość powierzchni szkliwa po wybielaniu preparatami zawierającymi nadtlenek wodoru

w stężeniu 3,6% i 10%. Próbki szkliwa były wybielanie przez 2 h dziennie co drugi dzień przez okres 2 tygodni. Podczas eksperymentu wszystkie próbki były przechowywane w roztworze sztucznej śliny. Przed rozpoczęciem procesu wybielania i po jego zakończeniu zbadano powierzchowną szorstkość szkliwa każdej próbki (profilometr z laserem diodowym), oceniono morfologię powierzchni szkliwa (SEM), określono poziom mikrotwardości szkliwa (metoda Knoppa). Wyraźniejsze zmiany morfologiczne (przerywane depresje o różnym rozmiarze i głębokości widoczne w powierzchownej strukturze szkliwa) a także istotne zmiany mikrotwardości, zaobserwowano po aplikacji preparatu z 10% nadtlenkiem wodoru. Autorzy stwierdzili, że obserwowane zmiany były zbliżone do tych, które stwierdzono po aplikacji w tych samych warunkach 35% nadtlenku karbamidu. Wybielanie szkliwa preparatem z 3,6% nadtlenkiem wodoru, powodowało minimalne zmiany w badanych parametrach szkliwa, które były podobne do zmian obserwowanych po wybielaniu w tych samych warunkach 10% nadtlenkiem karbamidu. Podsumowując wyniki badań, autorzy doszli jednak do wniosku, że zmiany występujące w szkliwie po wybielaniu, w warunkach klinicznych są prawdopodobnie nieistotne, zatem ich zdaniem procedury wybielania są metodą minimalnie inwazyjną i w związku z tym bezpieczną dla szkliwa [1].

Ferreira i wsp. [28] w badaniach SEM oceniali jakie zmiany w powierzchownych strukturach szkliwa powoduje wybielanie preparatem zawierającym 35% nadtlenek wodoru, który stosowano 3 razy w ciągu dnia po 10 min., a sam zabieg powtarzano co 7 dni. Autorzy analizowali również skutki stosowania pomiędzy zabiegami wybielania i po ich zakończeniu żelu z 2% NaF o pH obojętnym i żelu z 1,23% NaF o pH kwaśnym. Należy zaznaczyć, że w czasie eksperymentu i po jego zakończeniu zęby przechowywano w sztucznej ślinie. Największe zmiany autorzy zaobserwowali w grupie, w której zastosowano 35% nadtlenek wodoru, a po wybielaniu aplikowano 1,23% żel fluorkowy o niskim pH. W powierzchni szkliwa obserwowano liczne porowatości o różnej głębokości, a także zmniejszenie warstwy apryzmatycznej. Najmniej widoczne zmiany morfologii szkliwa zaobserwowano po wybielaniu 35% nadtlenkiem wodoru, w przypadku gdy do remineralizacji zastosowano 2% żel z NaF o obojętnym pH. Autorzy zaznaczyli, że większość próbek wykazywała regularną, gładką powierzchnię, tak jak w przypadku próbek z grupy kontrolnej. Latha i wsp. [57] analizowali strukturę powierzchni szkliwa (SEM, AFM) po wybielaniu preparatem zawierającym 30% nadtlenek wodoru, który aplikowano 3 razy dziennie po 15 min, powtarzając tę procedurę po upływie jednego dnia. Pomiędzy zabiegami wybielania próbki były przechowywane w wodzie destylowanej. Badania szkliwa po wybielaniu wykazały na jego powierzchni obecność małych rowków oraz zwiększenie szorstkości, ponadto stwierdzono zwiększenie podatności wybielonego szkliwa na przebarwienia. Zmiany te były bardziej nasilone niż w przypadku zastosowania preparatu zawierającego 16% nadtlenek karbamidu [57].

Inne wyniki uzyskali Mielczarek i wsp. [70], którzy oceniali w warunkach *in vitro* mikrotwardość i chropowatość szkliwa oraz powstawanie zmian erozyjnych w szkliwie po zastosowaniu pasków Crest Whitrestrips Supreme z 14% nadtlenkiem wodoru. Paski stosowano

10-krotnie, każdorazowo przez 30 min. Mikrotwardość i chropowatość powierzchni szkliwa oceniano przed rozpoczęciem i po zakończeniu zabiegów wybielających oraz po inicjowaniu zmian erozyjnych, które wywołano aplikując przez 5 minut na powierzchnię wybielonego szkliwa 100 µl odgazowanego napoju Coca-cola o pH 2,69. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że wybielanie szkliwa paskami z 14% nadtlenkiem wodoru nie zmieniało parametrów chropowatości i twardości szkliwa oraz nie powodowało wzrostu jego podatności na erozję. Podobne wyniki mówiące o braku negatywnych skutków wybielania uzyskali Czubińska-Grodecka i wsp. [18], którzy oceniali zmiany mikrotwardości szkliwa poddanego zabiegowi wybielania profesjonalnego z zastosowaniem 35% nadtlenku wodoru. Preparat ten aplikowano trzykrotnie w ciągu tygodnia (każdorazowo po 20 min) i aktywowano światłem lampy ledowej. Badania wykazały brak istotnych statystycznie różnic mikrotwardości szkliwa przed i po wybielaniu. Odmienne wyniki uzyskali Tezel i wsp. [90], którzy porównywali utratę wapnia ze szkliwa po 15-minutowej aplikacji preparatu zawierającego 38% nadtlenek wodoru, aktywowanego lampą halogenową lub diodową przez 30 s. Po każdym etapie wybielania na szkliwo aplikowano NaF (1450 ppm) przez 10 min. Pomiędzy kolejnymi etapami wybielania próbki przechowywano w sztucznej ślinie. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że po zastosowaniu preparatu zawierającego 38% nadtlenek wodoru występowała zwiększona utrata jonów wapniowych z powierzchni szkliwa niezależnie czy od rodzaju lampy zastosowanej do przyspieszenia procesu wybielania. Autorzy podsumowując we wnioskach stwierdzili, że zmiany obserwowane w szkliwie były proporcjonalne do stężenia środka aktywnego w preparacie wybielającym i czasu jego aplikacji - wyższe stężenia nadtlenku wodoru w preparacie wybielającym powodowały wyższą utratę jonów wapniowych niż niższe stężenia. Również autorzy tej pracy, zwrócili uwagę na remineralizujące zdolności śliny i konieczność powtórzenia tych badań w warunkach klinicznych.

O zmianach w szkliwie, które powstają w wyniku wybielania nadtlenkiem wodoru i które mogą sprzyjać zwiększonej podatności szkliwa na działanie kwasów świadczą również badania gęstości optycznej szkliwa i oporu elektrycznego tej tkanki. Różyło-Kalinowska i wsp. [80] oceniali radiodensytometryczną gęstość optyczną szkliwa i zębiny przed wybielaniem i po wybielaniu 35% nadtlenkiem wodoru z wykorzystaniem lampy plazmowej przez 12 minut. Autorzy stwierdzili po wybielaniu znamienne obniżenie gęstości optycznej szkliwa i zębiny, przy czym w większym stopniu dotyczyło to zębiny. Mielczarek i wsp. [71] oceniali w badaniach *in vitro* zmiany oporu elektrycznego szkliwa poddanego działaniu pasków z 14% nadtlenkiem wodoru codziennie po 30 min przez 10 dni. W okresie między zabiegami wybielania próbki szkliwa przechowywano w mieszaninie ludzkiej śliny. Opór elektryczny szkliwa badano za pomocą systemu ECM IV. Zaobserwowano, że po dziesięciu 30-minutowych zabiegach nastąpiło obniżenie oporu elektrycznego szkliwa co świadczyłoby o wzroście jego przepuszczalności, jednak różnice te nie były istotne statystycznie.

7. WNIOSKI

WNIOSKI SZCZEGÓŁOWE

I. Wyniki badań testem CRT podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego działaniu żelu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu i fluor, 10-krotnie każdorazowo przez 10 godzin (Grupa I) pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wartości testów CRT-W wykonywanych po każdym zabiegu wybielania były istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po dziesiątym zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 14% odporności wyjściowej.
   - Po każdej kolejnej aplikacji żelu wybielającego wartości testów CRT-W były niższe, co oznaczało wzrost podatności szkliwa na demineralizację, jednak nie w każdym przypadku był on istotny.
2. Przechowywanie zębów przez 14 godzin w sztucznej ślinie stosowane po każdym zabiegu wybielania powodowało wzrost wartości testu CRT-S, przy czym wartości te były zawsze istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po dziesiątym przechowywaniu wybielonych zębów w sztucznej ślinie, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 18% odporności wyjściowej.
3. Po czternastu zabiegach szczotkowania wybielonych zębów pastą zawierającą fluor i jednoczesnym przechowywaniu w sztucznej ślinie stwierdzono istotny wzrost wartości testu CRT-R w stosunku do wartości CRT-S obserwowanych po zakończeniu wybielania, przy czym wartość CRT-R była nadal istotnie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po zakończeniu trwającej 7 dni remineralizacji, odporność wybielonego szkliwa na działanie kwasów stanowiła 28% odporności wyjściowej.

II. Wyniki badań testem CRT podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego działaniu żelu zawierającego 16% nadtlenek karbamidu i fluor, 10-krotnie każdorazowo przez 10 godzin (Grupa II) pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wartości testów CRT-W wykonywanych po każdym zabiegu wybielania były istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po dziesiątym zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 14% odporności wyjściowej.
   - Po każdej kolejnej aplikacji żelu wybielającego wartości testów CRT-W były niższe, co oznaczało wzrost podatności szkliwa na demineralizację, jednak nie w każdym przypadku był on istotny.
2. Przechowywanie zębów przez 14 godzin w sztucznej ślinie stosowane po każdym zabiegu wybielania, powodowało wzrost wartości testu CRT-S, przy czym wartości te były zawsze istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po dziesiątym

przechowywaniu wybielonych zębów w sztucznej ślinie, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 18% odporności wyjściowej.

3. Po czternastu zabiegach szczotkowania wybielonych zębów pastą zawierającą fluor i jednoczesnym przechowywaniu w sztucznej ślinie stwierdzono istotny wzrost wartości testu CRT-R w stosunku do wartości CRT-S obserwowanych po zakończeniu wybielania, przy czym wartość CRT-R była nadal istotnie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po zakończeniu trwającej 7 dni remineralizacji, odporność wybielonego szkliwa na działanie kwasów stanowiła 30% odporności wyjściowej.

III. Wyniki badań testem CRT podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego działaniu żelu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu i fluor, 3-krotnie każdorazowo przez 2 godziny (Grupa III) pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wartości testów CRT-W wykonywanych po każdym zabiegu wybielania były istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 46% odporności wyjściowej.
   - Po każdej kolejnej aplikacji żelu wybielającego, wartości testów CRT-W były niższe, co oznaczało wzrost podatności szkliwa na demineralizację i w każdym przypadku był on istotny.
2. Przechowywanie zębów przez 22 godziny w sztucznej ślinie stosowane po każdym zabiegu wybielania, powodowało wzrost wartości testu CRT-S, przy czym wartości te były zawsze istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po trzecim przechowywaniu wybielonych zębów w sztucznej ślinie, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 60% odporności wyjściowej.
3. Po czternastu zabiegach szczotkowania wybielonych zębów pastą zawierającą fluor i jednoczesnym przechowywaniu w sztucznej ślinie stwierdzono istotny wzrost wartości testu CRT-R w stosunku do wartości CRT-S obserwowanych po zakończeniu wybielania, przy czym wartość ta była nadal istotnie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po zakończeniu trwającej 7 dni remineralizacji, odporność wybielonego szkliwa na działanie kwasów stanowiła 82% odporności wyjściowej.

IV. Wyniki badań testem CRT podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego działaniu żelu zawierającego 16% nadtlenek karbamidu i fluor, 3-krotnie każdorazowo przez 4 godziny (Grupa IV) pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wartości testów CRT-W wykonywanych po każdym zabiegu wybielania były istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 43% odporności wyjściowej.

- Po każdej kolejnej aplikacji żelu wybielającego, wartości testów CRT-W były niższe, co oznaczało wzrost podatności szkliwa na demineralizację i w każdym przypadku był on istotny.

2. Przechowywanie zębów przez 18 godzin w sztucznej ślinie stosowane po każdym zabiegu wybielania, powodowało wzrost wartości testu CRT-S, przy czym wartości te były zawsze istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po trzecim przechowywaniu wybielonych zębów w sztucznej ślinie, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 45% odporności wyjściowej.
3. Po czternastu zabiegach szczotkowania wybielonych zębów pastą zawierającą fluor i jednoczesnym przechowywaniu w sztucznej ślinie stwierdzono istotny wzrost wartości testu CRT-R w stosunku do wartości CRT-S obserwowanych po zakończeniu wybielania, przy czym wartość CRT-R była nadal istotnie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po zakończeniu trwającej 7 dni remineralizacji, odporność wybielonego szkliwa na działanie kwasów stanowiła 75% odporności wyjściowej.

V. Wyniki badań testem CRT podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego działaniu żelu zawierającego 35% nadtlenek wodoru, 3-krotnie, każdorazowo przez 10 minut (Grupa V) pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wartości testów CRT-W wykonywanych po każdym zabiegu wybielania były istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 46% odporności wyjściowej.
   - Po każdej kolejnej aplikacji żelu wybielającego, wartości testów CRT-W były niższe, co oznaczało wzrost podatności szkliwa na demineralizację. Pomiędzy 1 i 2 zabiegiem wybielania różnice były istotne.
2. Przechowywanie zębów przez 20 godzin w sztucznej ślinie stosowane po każdym zabiegu wybielania, powodowało wzrost wartości testu CRT-S, przy czym wartości te były zawsze istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po trzecim przechowywaniu wybielonych zębów w sztucznej ślinie, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 70% odporności wyjściowej.
3. Po czternastu zabiegach szczotkowania wybielonych zębów pastą zawierającą fluor i jednoczesnym przechowywaniu w sztucznej ślinie stwierdzono istotny wzrost wartości testu CRT-R w stosunku do wartości CRT-S obserwowanych po zakończeniu wybielania, przy czym wartość CRT była nadal istotnie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po zakończeniu trwającej 7 dni remineralizacji, odporność wybielonego szkliwa na działanie kwasów stanowiła 81% odporności wyjściowej.

PODSUMOWANIE – WNIOSKI OGÓLNE

1. Po każdej aplikacji preparatu wybielającego niezależnie od rodzaju użytego preparatu i czasu jego stosowania, obserwowano stopniowy wzrost podatności szkliwa na demineralizację.
2. Na podstawie wyników badań uzyskanych w grupie I, II, III, IV i V można stwierdzić, że największą utratę odporności szkliwa na demineralizację (86%) stwierdzono po zakończeniu pełnego cyklu wybielania preparatami zawierającymi 10% i 16% nadtlenek karbamidu wzbogacony fluorem, aplikowanymi dziesięciokrotnie każdorazowo przez 10 godzin. Natomiast w przypadku stosowania preparatów wybielających zawierających 10% i 16% nadtlenek karbamidu trzykrotnie przez 2 godziny (w przypadku 10% nadtlenku karbamidu) lub przez 4 godziny (w przypadku 16% nadtlenku karbamidu), a także w przypadku zastosowania 35% nadtlenku wodoru trzykrotnie każdorazowo przez 10 minut, utrata odporności szkliwa na demineralizację była mniejsza (od 54 do 57%).
3. Każdorazowa ekspozycja wybielanych zębów na działanie sztucznej śliny prowadziła do wzrostu odporności wybielonego szkliwa na demineralizację, ale uzyskana odporność była niższa niż kontrolna.
4. Zabiegi remineralizacyjne trwające 7 dni z użyciem past zawierających fluor i jednoczesne przechowywanie w sztucznej ślinie, prowadziło do istotnego wzrostu odporności szkliwa niezależnie od rodzaju użytej pasty. Efekt remineralizacji zależał istotnie od stopnia uszkodzenia szkliwa w wyniku przeprowadzonego procesu wybielania. W przypadku grupy I i II, w których podatność szkliwa na demineralizację po wybielaniu była największa, odporność szkliwa po remineralizacji stanowiła 28 i 30% wartości kontrolnej. Natomiast w grupie III, IV i V, w których podatność szkliwa na demineralizację po wybielaniu była mniejsza, odporność szkliwa po remineralizacji wynosiła odpowiednio 82, 75 i 81% wartości wyjściowej.
5. Pacjenci, którzy stosują intensywne wybielanie zębów preparatami zawierającymi w składzie 10% i 16% nadtlenek karbamidu nawet wzbogacone fluorem oraz 35% nadtlenek wodoru, powinni po każdym zabiegu wybielania stosować profilaktycznie intensywną remineralizację szkliwa, która powinna być kontynuowana po zakończeniu cyklu wybielania dłużej niż 7 dni.
6.

8. PIŚMIENNICTWO

1. Abouassi T., Wolkewitz M., Hahn P.: Effect of carbamide peroxide and hydrogen peroxide on enamel surface: An *in vitro* study. Clin Oral Invest, 2011, 15, 5, 673-680.
2. Andersson O. H., Kangasniemi I.: Calcium phosphate formation at the surface of bioactive glass *in vitro*. J Biomed Mater Res, 1991, 25, 8, 1019-1030.
3. Arvidson K., Johansson E. G.: Galvanic currents between dental alloys *in vitro*. Scand J Dent Res, 1985, 93, 5, 467-473.
4. Attin T., Betke H., Schippan F., Wiegand A.: Potential of fluoridated carbamide peroxide gels to support post-bleaching enamel re-hardening. J Dent, 2007, 35, 9, 755-759.
5. Attin T., Kocabiyik M., Buchalla W., Hannig C., Becker K.: Susceptibility of Enamel Surfaces to Demineralization after Application of Fluoridated Carbamide Peroxide Gels. Caries Res, 2003, 37,2, 93-99.
6. Attin T., Manolakis A., Buchalla W., Hannig C.: Influence of tea on intrinsic colour of previously bleached enamel. J Oral Rehabil, 2003, 30, 5, 488-494.
7. Badzian-Kobos K., Cichocka D., Szybłowska-Rodziewicz B.: Analiza porównawcza dwóch sposobów wykonywania testu CRT u dzieci z wysoką i niską liczbą PUW*. Czas. Stomatol., 1989, 42, 10-12, 534-539.
8. Bonafé E., Loguercio A. D., Reis A., Kossatz S.: Effectiveness of a desensitizing agent before in-office tooth bleaching in restored teeth. Clin Oral Invest, 2014, 18, 3, 839-845.
9. Burgmaier G. -M., Schulze I. M., Attin T.:Fluoride uptake and development of artificial erosions in bleached and fluoridated enamel *in vitro*. J Oral Rehabil, 2002, 29, 799-804.
10. Burwell A., Jennings D., Muscle D., Greenspan D. C.: NovaMin and dentin hypersensitivity – *in vitro* evidence of efficacy. J Clin Dent, 2010, 21, 3, 66-71.
11. Calatayud J. O., Calatayud C. O., Zaccagnini A.O., Box M. J. C.: Clinical Efficacy of a Bleaching System Based on Hydrogen Peroxide with or without Light Activation. Eur J Esthet Dent, 2010, 5, 2, 216-224.
12. Cavalli V., Liporoni P. C. S., do Rego M. A., Berger S. B., Giannini M.: Influence of fluoride-containing adhesives and bleaching agents on enamel bond strength. Braz Oral Res, 2012, 26, 6, 536-542.
13. Cavalli V., Rodrigues L. K. A., Paes-Leme A. F., Brancalion M. L., Arruda M. A. Z., Berger S. B., Giannini M.: Effects of bleaching agents containing fluoride and calcium on human enamel. Quintessence Int, 2010, 41, 8, e157-165.
14. Cavalii V., Rodrigues L. K. A., Paes-Leme A. F., Soares L. E. S., Martin A. A., Berger S. B., Giannini M.: Effects of the Addition of Fluoride and Calcium to Low-Concentrated Carbamide Peroxide Agents on the Enamel Surface and Subsurface. Photomed Laser Surg., 2011, 29, 5, 319-325.

15. Chen H-P., Chang C-H., Liu J-K., Chuang S-F., Yang J-Y.: Effect of fluoride containing bleaching agents on enamel surface properties. J Dent, 2008, 36, 9, 718-725.
16. Chrobak M., Kaczmarek U.: Wpływ wybielania zębów nadtlenkiem wodoru na mikrotwardość szkliwa. Dent Med Probl, 2009, 46, 1, 63-68.
17. Czubińska-Grodecka D.: Wybielanie zębów żywych. Powikłania i metody zapobiegania- przegląd piśmiennictwa. e-Dentico, 2008, 3, 19, 96-103.
18. Czubińska-Grodecka D., Klimek L., Piątowska D.: Wpływ wybielania 35% nadtlenkiem wodoru na mikrotwardość szkliwa zębów ludzkich. Badania *in vitro.* e-Dentico, 2010, 2, 26, 70-81.
19. Davari A. R., Danesh Kzemi A. R., Ataei E., Vatanpour M., Abdollahi H.: Effects of Bleaching and Remineralising Agents on the Surface Hardness of Enamel. J Dent, 2012, 13, 4, 156-163.
20. de Abreu D. R., Sasaki R. T., Amaral F.L. B., Florio F. M., Basting R. T.: Effect of Home-Use and In-Office Bleaching Agents Containing Hydrogen Peroxide Associated with Amorphous Calcium Phosphate on Enamel Microhardness and Surface Roughness. J Esthet Restor Dent, 2011, 23, 3, 158-168.
21. de Oliveira M. T., de Andrade M. A. C., Michels M.: Oxygen release, microleakage and shear bond strength on composite restorations after home dental bleaching. Rev Odonto Cienc, 2011, 26, 1, 45-49.
22. Donly K. J., Sasa I. S.: Potential Remineralization of Postorthodontic Demineralized Enamel and the Use of Enamel Microabrasion and Bleaching for Esthetics. SeminOrthod, 2008, 14, 3, 220-225.
23. dos Santos Medeiros M. C., Lima K. C.: Effectiveness of Nightuard Vital Bleaching with 10% Carbamide Peroxide – A Clinical Study. J Can Dent Assoc, 2008, 74, 2, 163-163e.
24. Dudea D., Neamtu S., Florea A., Moldovan M., Badea M., Dumiitrescu L. S., Nicola C.: The effects of a new developed formula of dental bleaching gels on the enamel surface. Clujul Medical, 2009, 82, 1, 123-127.
25. Dzienis E., Kochańska B.: Podatność na demineralizację szkliwa zębów poddanego działaniu 10% nadtlenku karbamidu – badania *in vitro*. Mag. Stomatol., 2015, 12, 60-64.
26. Efeoglu N., Wood D. J., Efeoglu C.: Thirty-five percent carbamide peroxide application causes *in vitro* demineralization of enamel. Dent Mater, 2007, 23, 7,900-904.
27. Elfallah H. M., Swain M. V.: A review of the effect of vital teeth bleaching on the mechanical properties of tooth enamel. N Z Dent J, 2013, 109, 3, 87-96.
28. Ferreira S. da S., Araújo J. L. N., Morhy O. N., Tapety C. M. C., Youssef M. N., Sobral M. A. P.: The Effect of Fluoride Therapies on the Morphology of Bleached Human Dental Enamel. Microsc Res Tech, 2011, 74, 6, 512-516.
29. Franchi I., Bortolini S., Consolo U.: Profesjonalne wybielanie zębów w gabinecie stomatologicznym z zastosowaniem systemu POLA OFFICE; wyniki 6-miesięcznych obserwacji połączonych z analizą spektrofotometryczną. Porad. Stomatol., 2008, 8, 6, 145-152

30. Gjorgievska E., Nicholson J.W.: Prevention of enamel demineralization after tooth bleaching by bioactive glass incorporated into toothpaste. Aust Dent J, 2011, 56, 2, 193-200.
31. Goldberg M., Grootveld M., Lynch E.: Undesirable and adverse effects of tooth-whitening products: a review. Clin Oral Invest, 2010, 14, 1, 1-10.
32. Grobler S.R., Majeed A., Hayward R., Rossouw R.J., Moola M. H., van W. Kotze T. J.: A Clinical Study of the Effectiveness of Two Different 10% Carbamide Peroxide Bleaching Products: a 6-month followup. Int J Dent, 2011, e1-5.
33. Grobler S. R., Majeed A., Moola M. H.: Effect of Various Tooth-Whitening Products on Enamel Microhardness. SADJ, 2009, 10, 64, 474-479.
34. Grobler S. R., Majeed A., Moola M. H., Rossouw R. J., van Wyk T.: *In vivo* Spectrophotometric Assessment of the Tooth Whitening Effectiveness of Nite White 10% with Amorphous Calcium Phosphate, Potassium Nitrate and Fluoride, Over a 6-month Period. Open Dent J, 2011, 2, 5, 18-23.
35. Grocholewicz K., Weyna E., Król K., Nowakowska-Socha J., Noceń I., Rulkowska H.: Wpływ 10-15% nadtlenku karbamidu na stężenie jonów wapnia w szkliwie wybielanych zębów żywych. Porad. Stomatol., 2006, 6, 2, 16-20.
36. Haywood van B., Heymann H. O.: Nightguard vital bleaching. Quint Int, 1989, 20, 3, 173-176.
37. Ira P., Kulski M.: Wybielanie zębów a przyzębie i błonę śluzową jamy ustnej. Porad. Stomatol., 2009, 9, 6, 240-243.
38.Kalkowska M., Kochańska B.:Próby wykorzystania chityny i jej pochodnych w medycynie i farmacji. Czas. Stomatol., 1990, 43, 8, 474-478.
39. Kasiak M., Kasiak M.: Wybielanie i rozjaśnianie zębów – przegląd piśmiennictwa. Farm. Pol., 2010, 66, 1, 62-67.
40. Kaur G., Sanap A., Aggarwal S., Kumar T.: Comparative evaluation of two different remineralizing agents on the microhardness of bleached enamel surface: Results of an *in vitro* study. Indian J Dent Res, 2015, 26, 2, 176-179.
41. Kierklo A., Pawińska M., Tokajuk G., Lepiarczyk M., Bielawska A.: Cytotoksyczny wpływ środków do wybielania zębów na fibroblasty dziąsła ludzkiego w badaniach *in vitro*. J Stoma, 2011, 64, 5-6, 328-340.
42. Kim Y. S., Kwon H. K., Kim B. I.: Effect of Nano-carbonate apatite to present Re-stain after dental bleaching *in vitro*.J Dent, 2011, 39, 9, 636-642.
43. Knösel M., Attin R., Becker K., Attin T.: External Bleaching Effect on the Color and Luminosity of Inactive White-Spot Lesions after Fixed Orthodontic Appliances. Angle Orthod, 2007, 77, 4, 646-652.
44. Knösel M., Reus M., Rosenberger A., Attin T., Ziebolz D.: Durability of Bleaching Results Achieved with 15% Carbamide Peroxide and 38% Hydrogen Peroxide *In Vitro*. Eur J Esthet Dent, 2011, 6, 3, 342-356.

45. Kochańska B., Kędzia A.: Effect of chitosan ascorbate on bacteria isolated from the oral cavity. W: Chitosan in pharmacy and chemistry /ed. R. A. A. Muzzarelli and C. Muzzarelli, Ancona, 2002, 171-176.

46.Kościelniak D., Chomyszyn-Gajewska M., Pamuła E.: Ocena bezpośredniego efektu wybielania zębów 10% i 20% żelem z nadtlenkiem mocznika – badania *in vitro.* Czas. Stomatol., 2007, 60, 4, 231-239.

47. Kościelniak D., Jurczak A., Kołodziej I., Słowik J.: Współczesne metody wybielania zębów po leczeniu endodontycznym oraz bezpieczeństwo ich stosowania. Implantopotetyka, 2009, 10, 2, 41-46.

48. Król K., Nowakowska-Socha J., Grocholewicz K.: Nocne nakładkowe wybielanie zębów żywych z zastosowaniem 10-15% nadtlenku karbamidu. Przegląd piśmiennictwa. Poradn. Stomatol., 2004, 2, 28-32.

49. Kwiatkowska A., Mielczarek A.: Miejscowe skutki uboczne stosowania nadtlenku wodoru jako głównego aktywnego składnika środków do wybielania zębów z żywą miazgą. Stomatol. Współcz., 2005, 12, 3, 23-30.

50. Kwiatkowska A., Mielczarek A., Jodkowska E.: Ogólnoustrojowe bezpieczeństwo stosowania nadtlenku wodoru w preparatach do wybielania zębów z żywą miazgą. Stomatol. Współcz., 2006, 13, 2, 18-25.

51. Koślacz D., Emeryk B., Jarmolińska K., Ligęza B.: Wpływ endo i egzogennej profilaktyki fluorkowej na rozpuszczalność szkliwa zębów stałych w badaniach *in vivo* za pomocą CRT testu. Czas. Stomatol., 1980, 33, 7, 577-580.

52. Kuroń-Opalińska J., Piórkowska- Skrabucha B., Szabelska A., Bożyk J., Keinrok J.: Metodyka wybielania zębów. Opis przypadków. Stomatol. Współcz., 2009, 16, 6, 15-18.

53. Kusiak A., Kowalska J., Dąbrowski K., Ochocińska J., Kochańska B.: Ocena rozpuszczalności szkliwa w warunkach ekspozycji na wybrane napoje o niskim pH przed i po zastosowaniu preparatu Elmex gelee-badania *in vitro*. Czas. Stomatol., 2004, 57, 7, 435-442.

54. Kusiak A., Zedler E., Dąbrowski K., Kowalska J., Ochocińska J., Kochańska B.: Ocena rozpuszczalności szkliwa po ekspozycji na preparat wybielający zawierający 22% nadtlenek karbamidu – badania *in vitro*. Czas. Stomatol., 2005, 58, 8, 543-550.

55. Kusiak A., Zedler E., Kowalska J., Kochańska B.: Stopień demineralizacji szkliwa po ekspozycji na preparat wybielający zawierający 35% nadtlenek wodoru – badania wstępne *in vitro*. Dent Med Probl, 2007, 44, 2, 167-171.

56. Lacruz R. S., Nanci A., Kurtz J., Wright J. T., Paine M. L.: Regulation of pH During Amelogenesis. Calcif Tissue Int, 2010, 86, 2, 91-103.

57.Latha S. P., Hegde V., Raheel S. A., Tarakji B., Azeghaiby S.N.: An *In Vitro* Study on Post Bleaching Pigmentation on Susceptibility of Teeth and Scanning Electron Microscopy Analysis. J Int Oral Health, 2014, 6, 5, 84-88.

58. LaTorre G., Greenspan D. C.: The role of ionic release from NovaMin (calcium sodium phosphosilicate) in tubule occlusion: an exploratory *in vitro* study using radio-labeled isotopes. J Clin Dent, 2010, 21, 3, 72-76.
59. Lichota D., Lipski M., Marzec-Koronczewska Z.: Powikłania związane z wybielaniem zębów. Mag. Stomatol., 1996, 7, 45-46.
60. Lipski M., Marzec-Koronczewska Z., Michoń A., Lichota D., Góra M.: Ocena przydatności preparatu Opalescence w wybielaniu zębów z żywą miazgą. Mag. Stomatol., 1997, 5, 42-44.
61. Lisiecka K., Petrasz M., Chmiel J., Szych Z.: Zmiana mikrotwardości szkliwa zębów stałych po zastosowaniu preparatów wybielających zawierających nadtlenek karbamidu o stężeniach 10, 20 i 35%. Czas. Stomatol., 2002, 55, 6, 340-346.
62. Maia E., Baratieri L. N., de Andrada M. A. C., Monteiro Jr. S., Vieira L. C. C.: The influence of two home-applied bleaching agents on enamel microhardness: An in situ study. J Dent, 2008, 36, 12, 2-7.
63. Małkiewicz K., Jodkowska E.: Skuteczność wybielania zębów preparatem Illumine 15% – badania *in vitro*. Stomat. Współcz., Supl., 2003, 1, 8-12.
64. Małkiewicz K., Jodkowska E.: Kolorymetryczna ocena skuteczności wybielania zębów preparatem Ena White Power. Nowa Stomatol., 2008, 13, 3, 92-96.
65. Małkiewicz K., Jodkowska E.: Porównanie efektywności dwóch preparatów do profesjonalnego wybielania zębów. Mag. Stomatol., 2009, 19, 2, 66-71.
66. Małkiewicz K., Jodkowska E.: Ocena trwałości efektu działania preparatu do profesjonalnego wybielania zębów. Dent Med Probl., 2010, 47, 2, 182-187.
67. Małkiewicz K., Małkiewicz E., Jodkowska E.: Ocena efektywności działania dwóch preparatów do profesjonalnego wybielania zębów – roczne obserwacje trwałości efektu zmiany barwy zębów. J Stoma, 2012, 65, 4, 501-513.
68. Martin J. M. H., de Almeida J. B., Rosa E. A. R., Torno V., Mazur F.: Effect of fluoride therapies on the surface roughness of human enamel exposed to bleaching agents. Quintessence Int, 2010 January, 41, 1, 71-78.
69. Meireles S. S., Heckmann S. S., Santos I.S. Della Bona A., Demarco F.F.: A double blind randomized clinical trial of at home tooth bleaching using two carbamide peroxide concentrations: 6-month follow-up. J Dent, 2008, 36, 12, 878-884.
70. Mielczarek A., Kwiatkowska A., Zawadziński M.: Wpływ stosowania środków wybielających na powstawanie zmian erozyjnych szkliwa. Nowa Stomatol., 2008, 13, 2, 45-48.
71. Mielczarek A., Kwiatkowska A., Zawadziński M.: Wpływ oporu elektrycznego tkanek zęba na proces wybielania. Nowa Stomatol., 2010, 15, 3, 99-102.
72. Milnar F. J.: Considering Biomodification and Remineralization Techniques as Adjuncts to Vital Tooth-Bleaching Regimens. Compend Contin Educ Dent, 2007, 28, 5, 234-240.

73. Mortazavi V., Fathi M., Soltani F.: Effect of Postoperative Bleaching on Microleakage of Etch-and-Rinse and Self-etch Adhesives. Dent Res J, 2011, 8, 1, 16-21.
74. Ogino M., Ohuchi F., Hench L. L.: Compositional dependence of the formation of calcium phosphate films on bioglass. J Biomed Mater Res, 1980, 14, 1, 55-64.
75. Paul-Stalmaszczyk M., Skale M.: Wybielanie żywych zębów przy użyciu preparatów opartych o nadtlenek wodoru i nadtlenek karbamidu – przegląd piśmiennictwa. e-Dentico, 2008, 2, 18, 96-107.
76. Paul-Stalmaszczyk M.: Profesjonalne wybielanie zębów przednich preparatem Bianco Professional 35% – obserwacje kliniczne. e-Dentico, 2009, 3, 140-148.
77. Petrasz M., Lisiecka K.: Najczęstsze powikłania miejscowe związane z wybielaniem zębów z użyciem łyżki indywidualnej. Mag. Stomatol., 2002, 9, 22-24.
78. Petrasz M., Lisiecka K.: Wpływ nadtlenku karbamidu na powierzchnię szkliwa ludzkiego−badania w skaningowym mikroskopie elektronowym-doniesienie wstępne. Czas. Stomatol., 2005, 58, 3, 176-181.
79. Radlińska J., Rulkowska H.: Występowanie *Streptococcus mutans* i *Lactobacillus* w ślinie; stan higieny jamy ustnej i podatność szkliwa na działanie kwasów u 12-letnich dzieci jako czynniki ryzyka próchnicy. Czas. Stomatol., 1995, 48, 11, 697-702.
80. Różyło-Kalinowska J., Taras M.,Różyło K.: Ocena radiodensytometryczna gęstości optycznej szkliwa i zębiny przed wybielaniem i po wybielaniu w materiale *in vitro*. Mag. Stomatol., 2012, 22, 5, 54-60.
81. Santini A., Pulharm C. R., Rajab A., Ibbetson R.: The effect of a 10% carbamide peroxide bleaching agent on the phosphate concentration of tooth enamel assessed by Raman spectroscopy. Dent Traumatol, 2008, 24, 2, 220-223.
82. Santos J. N., Oliveira D. P., Dametto F. R., Almeida Gomes B. P. F., Zaia A. A., Almeida J. F. A., Ferraz C. C. R.: Surface morphology alterations in bovine dentin exposed to different bleaching agents, Braz J Oral Sci, 2009, 8, 1, 25-29.
83.Siniawska J., Gawrałek M., Stopa J.: Wybielanie zębów z żywą miazgą a ryzyko objawów ubocznych na podstawie piśmiennictwa. Dent Med Probl, 2010, 47, 3, 373-378.
84. Słotwińska S. M., Majkowski M.: Wybielanie zębów a drobnoustroje próchnicotwórcze. Asyst. Hig. Stomatol., 2008, 3, 12-15.
85. Słotwińska S. M., Majkowski M.; Wybielanie zębów a środowisko jamy ustnej. Nowa Stomatol., 2011, 16, 3, 115-118.
86. Słotwińska S.M., Majkowski M.: Wpływ domowego wybielania zębów na stan próchnicy. Nowa Stomatol., 2011, 16, 4, 147-151.
87. Soares D. G. S., Ribeiro A.P.D. Sacono N.T., Coldebella C. R., Hebling J. C.A. de Souza Costa: Transenamel and transdentinal cytotoxicity of carbamide peroxide bleaching gels on odontoblast-like MDPC-23 cells. Int Endod J, 2011, 44, 2, 116-125

88. Studziński J., Więckiewicz M., Matyas-Magolon I., Więckiewicz W.: Zastosowanie szyn termoplastycznych do wybielania zębów wykonywanych techniką wgłębnego formowania. Inż. Stomatol. Biomater., 2012, 9, 1, 34-36.
89. Szwed G., Łopatniuk M., Żukowska I., Ostrowska M., Zarzeczna T.: Zastosowanie testu CRT w ocenie rozpuszczalności szkliwa w próchnicy zębów stałych. Czas. Stomatol., 1989, 42, 5, 1-10.
90. Tezel H., Atalayin C., Erturk O., Karasulu E.: Susceptibility of Enamel Treated with Bleaching Agents to Mineral Loss after Cariogenic Challenge. Int J Dent, 2011, e1-8, ID 953835.
91. Tscheppe P., Neumann K., Mueller J., Kielbassa A. M.: Effect of fluoridated bleaching gels on the remineralization of predemineralized bovine enamel *in vitro*. J Dent, 2009, 37, 156-162.
92. Urbańczyk-Elżbieciak M.: Wybielanie zębów – dostępne metody i materiały. Przegląd piśmiennictwa. Mag. Stomatol., 2007, 17, 9, 48-53.
93. Urbańczyk-Elżbieciak M. Wybielanie zębów w gabinecie preparatem Opalescence Xtra Boost. Mag. Stomatol., 2008, 18, 2, 60-61.
94. Urbańczyk-Elżbieciak M.:Wybielanie domowe–rodzaje nakładek stosowanych w wybielaniu zębów. Mag. Stomatol., 2008, 18, 7/8, 49-52.
95. Urbańczyk-Elżbieciak M., Ira P.: Nocne nakładkowe wybielanie zębów z żywą miazgą preparatem Opalescence. Opis przypadków. Mag. Stomatol., 2008, 18, 9, 40-45.
96. Wiśniewski P., Mielczarek A., Strużycka I.: Ocena efektów wybielania zębów z zastosowaniem pasków Whitestrips w populacji polskiej. Stomatol. Współcz., 2003, 10, 4, 20-24.
97. Yesilyurt C., Sezer U., Ayar M. K., Alp C. K., Tasdemir T.: The effect of a new calcium-based agent, Pro-Argin, on the microhardness of bleached enamel surface. Aus Dent J, 2013, 58, 2, 207-212.
98. Zantner C., Beheim-Schwarzbach N., Neumann K., Kielbassa A. M.: Surface microhardness of enamel after different home bleaching procedures. Dent Mater, 2007, 23,2, 243-250.
99. Zedler E., Żółtowska A., Kopycińska J., Kusiak A., Ochocińska J., Kochańska B.: Efektywność szczotkowania szkliwa zębów pastą zawierającą 5000 ppm NaF oceniana testem CRT– badania *in vitro*. Dent Med Probl, 2010, 47, 2, 144-152.
100. Żyśko-Chryst D.: Wybielanie zębów w gabinecie stomatologicznym z użyciem halogenowych lamp polimeryzacyjnych czy bez nich? Mag. Stomatol., 2008, 18, 3, 67-70.
101. Żarow M.: Wybielanie znacznie przebarwionych zębów przednich po leczeniu endodontycznym połączone z minimalnie inwazyjną odbudową wkładami koronowo-korzeniowymi z włókna szklanego. Mag. Stomatol., 2009, 19, 6, 21-26.

9. STRESZCZENIE

Dane z piśmiennictwa wskazują, że podczas zabiegów wybielania, jak również po ich ukończeniu mogą wystąpić powikłania różnego typu. Istnieje granica procesu wybielania, zwana punktem saturacji, w którym wybielanie zostaje zatrzymane i rozpoczyna się destrukcja struktury zęba. Nadmierne wybielanie zębów powoduje ryzyko utlenienia białek szkliwa i zębiny, co może prowadzić w konsekwencji do kruchości i wzrostu porowatości tkanek zęba. Zmiany zachodzące w strukturze szkliwa pod wpływem środków wybielających mogą prowadzić m.in. do wzrostu podatności szkliwa na demineralizację. Preparaty stosowane do wybielania szkliwa w zależności od rodzaju i stężenia składnika aktywnego oraz obecności lub braku składnika remineralizacyjnego, a także w zależności od wartości pH preparatu wybielającego i czasu jego aplikacji, mogą powodować zmiany na powierzchni szkliwa i w jego strukturze.

Cel pracy

1. Określenie, jak zmienia się podatność szkliwa zębów na demineralizację w trakcie wielokrotnej i różnoczasowej aplikacji preparatów wybielających zawierających 10% nadtlenek karbamidu, 16% nadtlenek karbamidu i 35% nadtlenek wodoru oraz jaki wpływ na tę podatność ma przechowywanie zębów w roztworze sztucznej śliny.
2. Określenie, jak zmienia się podatność na demineralizację wybielonego szkliwa zębów, po szczotkowaniu pastami zawierającymi fluor.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiło 100 zębów stałych z nieuszkodzoną koroną, usuniętych ze wskazań lekarskich, które po uprzednim odkażeniu zostały oczyszczone z włókien ozębnej i wysterylizowane w autoklawie w temp. 121°C. W każdym z zębów wybrano tylko jedną powierzchnię, na której wyznaczono miejsce do przeprowadzenia badań. Była to powierzchnia szkliwa o średnicy 3 mm, otoczona delikatnym rowkiem wykonanym wiertłem diamentowym w kształcie małej kulki o kodzie zielonym. Badaniami objęto 35 zębów siecznych, 10 kłów, 15 zębów przedtrzonowych i 40 zębów trzonowych.

W badaniach wykorzystano trzy różne preparaty stosowane do wybielania zewnętrznego zębów: Opalescence PF 10%, Opalescence PF 16% oraz Bianco Professional. **Opalescence PF 10%** (Ultradent, USA) to preparat mający postać lepkiego, gęstego, przezroczystego żelu, którego czynnikiem aktywnym jest 10% nadtlenek

karbamidu. W skład preparatu wchodzą także: azotan potasu, fluor 0,11% (1100 ppm) oraz 20% wody. Zgodnie z informacją producenta, żel stosuje się w nakładkach przez 8-10 godzin w nocy, albo w ciągu dnia przez 2-6 godzin. W zależności od oczekiwanego efektu wybielania, cała procedura obejmuje od trzech do dziesięciu aplikacji żelu wybielającego. Preparat służy do wybielania zębów w warunkach domowych. **Opalescence PF 16%** (Ultradent, USA) jest preparatem mającym postać lepkiego, gęstego, przezroczystego żelu, którego czynnikiem aktywnym jest 16% nadtlenek karbamidu. W skład preparatu wchodzą także: azotan potasu, fluor 0,11% (1100 ppm) oraz 20% wody. Zgodnie z informacją producenta, żel stosuje się w nakładkach w ciągu dnia przez 4-6 godzin, albo w ciągu nocy przez 8-10 godzin. W zależności od oczekiwanego efektu wybielania, cała procedura obejmuje od trzech do dziesięciu aplikacji żelu wybielającego. Preparat służy do wybielania zębów w warunkach domowych.W preparacie **Bianco Professional** (Molteni Dental, Włochy), który ma postać żelu, czynnikiem aktywnym jest 35% nadtlenek wodoru. Inne składniki preparatu to: kwas winowy, EDTA, karboksymetyloceluloza, azotan potasu, wodorotlenek sodu oraz gliceryna. Preparat nie zawiera w swoim składzie fluoru. Zgodnie z informacją producenta, może być stosowany trzykrotnie po 10 minut. Preparat służy do wybielania profesjonalnego.

Do remineralizacji szkliwa, którą przeprowadzano po zakończeniu procedury wybielania zewnętrznego zębów, zastosowano dwie różne pasty: pastę Duraphat® 5000 (Colgate) oraz pastę Sensodyne® odbudowa i ochrona (GSK). Pasta **Duraphat® 5000** (Colgate), zawiera w 1 g pasty 5 mg fluoru w postaci fluorku sodu, co odpowiada 5000 ppm fluoru. W skład pasty **Sensodyne® odbudowa i ochrona** (GSK) wchodzi Glycerin, PEG-8, Silica, Calcium Sodium Phosphosilicate (NovaMin), Cocamidopropyl Betaine, Sodium Methyl Cocoyl Taurate, Sodium Monofluorophosphate (1450 ppm fluoru), Aroma, Titanium Dioxide, Carbomer, Sodium Saccharin, Limonene. Składnik NovaMin, stanowi unikalną formułę opartą na fosforanie wapnia.

Na potrzeby badań, 100 zębów stanowiących materiał badawczy, podzielono na 5 grup. W skład każdej grupy wchodziło 20 zębów, w tym 7 zębów siecznych, 2 kły, 3 zęby przedtrzonowe i 8 zębów trzonowych. Podział zębów na grupy był związany z rodzajem i stężeniem zastosowanego preparatu do wybielania oraz czasem i wielokrotnością jego aplikacji. Grupę I stanowiło 20 zębów poddanych wybielaniu 10% nadtlenkiem karbamidu 10-krotnie, każdorazowo przez 10 godzin. Grupę II stanowiło 20 zębów poddanych wybielaniu 16% nadtlenkiem karbamidu 10-krotnie, każdorazowo przez 10 godzin. Grupę III stanowiło 20 zębów poddanych wybielaniu 10% nadtlenkiem karbamidu 3-krotnie,

każdorazowo przez 2 godziny. Grupę IV stanowiło 20 zębów poddanych wybielaniu 16% nadtlenku kariemamidu 3-krotnie, każdorazowo przez 4 godzin. Grupę V stanowiło 20 zębów poddanych wybielaniu 35% nadtlenkiem wodoru 3-krotnie, każdorazowo przez 10 minut.

Przed rozpoczęciem badań, wszystkie zęby były przechowywane przez okres 24 h w roztworze sztucznej śliny (pH 6,7) o składzie: 0,1 l 25mM KH_2PO_4, 0,1 l 24mM Na_2HPO_4, 0,1 l 150mM $KHCO_3$, 0,1 l 100mM NaCl, 0,1 l 1,5mM $MgCl_2$, 0,1 l 15mM $CaCl_2$, 0,006 l 25mM cytrynianu sodowego. Po wyjęciu zębów z roztworu sztucznej śliny, przed rozpoczęciem procedury wybielania, zbadano podatność szkliwa na demineralizację wykonując test CRT-K-1 (test kontrolny).

Żel wybielający zawierający 10% nadtlenek karbamidu (Grupa I, Grupa III), 16% nadtlenek karbamidu (Grupa II, Grupa IV), 35% nadtlenek wodoru (Grupa V), aplikowano na wcześniej wybrane powierzchnie zębów. Zastosowany czas jednorazowego kontaktu danego preparatu z powierzchnią szkliwa pokrywał się z czasem zalecanym przez producenta (Grupa I – 10 h, Grupa II – 10 h, Grupa III – 2 h, Grupa IV – 4 h, Grupa V – 10 min). W czasie wybielania, zęby były umieszczone pod przykryciem w temperaturze pokojowej, w warunkach zapewniających utrzymanie wilgotności i zacienienia. Po zabiegu wybielania, preparat spłukiwano wodą destylowaną, zęby osuszano dmuchawką ręczną i wykonywano test CRT-W. Następnie, po opłukaniu wodą destylowaną i osuszeniu, zęby ponownie umieszczano w roztworze sztucznej śliny na określony dla danej grupy zębów czas (Grupa I –14 h, Grupa II – 14 h, Grupa III – 22 h, Grupa IV – 18 h, Grupa V –20 h), po upływie którego zęby wyjmowano, opłukiwano wodą destylowaną, osuszano i wykonywano test CRT-S. Opisane powyżej procedury wybielania i przechowywania zębów w roztworze sztucznej śliny oraz wykonywania testów CRT-W i CRT-S zastosowano 10-krotnie w przypadku Grupy I i II oraz 3-krotnie w przypadku Grupy III, IV i V.

Po zakończeniu procedur wybielania, wszystkie zęby poddano zabiegom remineralizacji polegającym na szczotkowaniu powierzchni szkliwa pastą Duraphat® 5000 (50% zębów) i Sensodyne® (50% zębów) przez okres 7 dni 2 razy dziennie po 2 minuty. Pierwszy test CRT-R wykonano po pierwszym zabiegu remineralizacji. Po wykonaniu tego testu, zęby opłukano wodą destylowaną, osuszono i umieszczono w roztworze sztucznej śliny na 11 h. Procedurę szczotkowania powtórzono jeszcze 13-krotnie. Każdorazowo, pomiędzy kolejnymi zabiegami szczotkowania, zęby były przechowywane

przez 11 h w roztworze sztucznej śliny. Po ostatnim 14. zabiegu remineralizacji, zęby opłukano wodą destylowaną, osuszono i wykonano drugi test CRT-R.

Podatność szkliwa na demineralizację badano za pomocą testu CRT (*Colour Reaction Time*). Na krążek bibuły filtracyjnej o średnicy 2 mm (uprzednio nasączony wodnym roztworem 0,02% fioletu krystalicznego i osuszony), aplikowano 1,5 µl 1N roztworu HCl. Żółto-zielony krążek umieszczano na wybranej powierzchni zęba i mierzono czas (s) zmiany zabarwienia krążka na kolor fioletowo-niebieski. Czas zmiany zabarwienia odzwierciedlał stopień wrażliwości szkliwa na działanie kwasu – im czas ten był krótszy, tym szkliwo było bardziej podatne na demineralizację. Test CRT-K-1 był testem kontrolnym, który wykonano po 24-godzinnym przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny przed rozpoczęciem doświadczenia. Test CRT-W-n był testem wykonywanym każdorazowo po aplikacji preparatu wybielającego. Test CRT-S-n był testem wykonywanym każdorazowo po przechowywaniu zębów w roztworze sztucznej śliny. Testy CRT-R-8/22 były testami wykonanymi po pierwszym zabiegu remineralizacji (w przypadku Grupy III, IV i V były to testy CRT-R-8, w przypadku Grupy I i II testy CRT-R-22). Testy CRT-R-9/23 były testami wykonanymi po 14. zabiegu remineralizacji (w przypadku Grupy III, IV i V były to testy CRT-R-9, w przypadku Grupy I i II testy CRT-R-23).

Obliczenia statystyczne zostały przeprowadzone przy użyciu programu Microsoft Office Excel (2007). Obliczono średnią arytmetyczną ($\bar{x}$), odchylenie standardowe (SD), wartości minimalne (min.) i maksymalne (max). Istotność różnic oceniano testem t-Studenta dla wartości zależnych. We wszystkich obliczeniach za poziom istotności przyjęto $p<0,05$.

Wyniki

Analizując, jak zmienia się podatność szkliwa na demineralizację po 10-godzinnej aplikacji żelu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu wzbogacony fluorem, którą powtarzano 10-krotnie w odstępach 14-godzinnych (Grupa I), stwierdzono na podstawie testów CRT-W wykonywanych każdorazowo po zabiegu wybielania, że podatność ta była istotnie wyższa niż stwierdzona przed rozpoczęciem całego eksperymentu (CRT-K-1). Porównując wartości testów CRT-W wykonywanych po każdej 10-godzinnej aplikacji żelu wybielającego zaobserwowałam, że ulegały one stopniowemu obniżeniu, ale nie w każdym przypadku był to spadek istotny statystycznie. Po ostatnim 10-tym zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 14% odporności wyjściowej.

Każdorazowe przechowywanie zębów przez 14 godzin w roztworze sztucznej śliny po wybielaniu, w większości przypadków powodowało istotny wzrost wartości CRT-S (co oznaczało wzrost odporności szkliwa na demineralizację), ale były to wartości zawsze istotnie statystycznie niższe niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1). Uzyskane wyniki sugerują, że wielogodzinny kontakt wybielanych zębów ze sztuczną śliną nie był wystarczający, aby uzyskać odporność szkliwa, którą stwierdzano przed rozpoczęciem wybielania. Natomiast zabiegi remineralizacyjne (szczotkowanie zębów pastami zawierającymi fluor i jednoczesne przechowywanie w roztworze sztucznej śliny) prowadzone po zakończeniu wybielania przez okres 7 dni, dały efekt w postaci istotnego wzrostu odporności szkliwa na demineralizację, ale była to nadal wartość istotnie niższa w porównaniu do wartości wyjściowej.

Podobne wyniki jak w przypadku 10% nadtlenku karbamidu uzyskano stosując 16% nadtlenek karbamidu również wzbogacony fluorem (Grupa II). Wartości testów CRT-W wykonywanych po każdej z dziesięciu 10-godzinnych aplikacji żelu, były zawsze istotnie niższe niż stwierdzone przed rozpoczęciem całego eksperymentu (CRT-K-1), co świadczyło o istotnym spadku odporności szkliwa na procesy demineralizacyjne. Zaobserwowałam także, że w trakcie trwania procesu wybielania, średnie wartości testów CRT-W wykonywanych kolejno po każdej 10-godzinnej aplikacji żelu, ulegały stopniowemu obniżeniu, ale nie w każdym przypadku był to spadek istotny statystycznie. Po ostatnim 10-tym zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 14% odporności wyjściowej.

Każdorazowe przechowywanie zębów po wybielaniu przez 14 godzin w roztworze sztucznej śliny, w większości przypadków powodowało istotny wzrost wartości CRT-S (co oznaczało wzrost odporności szkliwa na demineralizację), ale były to wartości zawsze istotnie statystycznie niższe niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1). Uzyskane wyniki sugerują, że podobnie jak w przypadku gdy do wybielania stosowano 10% nadtlenek karbamidu (Grupa I), wielogodzinny kontakt wybielanych zębów ze sztuczną śliną nie był na tyle wystarczający, aby doprowadzić do wyjściowej odporności szkliwa na działanie kwasów. Natomiast zabiegi remineralizacyjne (szczotkowanie zębów pastami zawierającymi fluor i jednoczesne przechowywanie w roztworze sztucznej śliny) prowadzone po zakończeniu wybielania przez okres 7 dni, dały efekt w postaci istotnego wzrostu odporności szkliwa na demineralizację, ale była to nadal wartość istotnie niższa w porównaniu do wartości wyjściowej.

Analizując, jak zmienia się podatność szkliwa na demineralizację po 2-godzinnej aplikacji żelu zawierającego 10% nadtlenku karbamidu wzbogacony fluorem, którą powtarzano 3-krotnie w odstępach 22-godzinnych (Grupa III), stwierdziłam na podstawie testów CRT-W wykonywanych każdorazowo po zabiegu wybielania, że podatność ta była istotnie wyższa niż stwierdzona przed rozpoczęciem całego eksperymentu (CRT-K-1). Porównując wartości testów CRT-W wykonywanych kolejno po każdej 2-godzinnej aplikacji żelu zaobserwowałam, że ulegały one stopniowemu obniżeniu i w każdym przypadku był to spadek istotny statystycznie. Po ostatnim trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 46% odporności wyjściowej.

Każdorazowe przechowywanie zębów przez 22 godziny w roztworze sztucznej śliny po wybielaniu, we wszystkich przypadkach powodowało istotny wzrost wartości CRT-S (co oznaczało wzrost odporności szkliwa na demineralizację), ale były to wartości zawsze istotnie statystycznie niższe niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1). Uzyskane wyniki sugerują, że wielogodzinny kontakt wybielanych zębów ze sztuczną śliną nie był na tyle wystarczający, aby doprowadzić do odporności szkliwa, którą stwierdzano przed rozpoczęciem wybielania. Natomiast zabiegi remineralizacyjne (szczotkowanie zębów pastami zawierającymi fluor i jednoczesne przechowywanie w roztworze sztucznej śliny) prowadzone po zakończeniu wybielania przez okres 7 dni, dały efekt w postaci istotnego wzrostu odporności szkliwa na demineralizację, ale była to nadal wartość istotnie niższa w porównaniu do wartości wyjściowej.

Podobne wyniki, jak w przypadku krótkoczasowego stosowania 10% nadtlenku karbamidu, uzyskano stosując w zbliżonych warunkach eksperymentu 16% nadtlenek karbamidu również wzbogacony fluorem (Grupa IV). Analizując, jak zmienia się podatność szkliwa na demineralizację po 4-godzinnej aplikacji tego żelu, którą powtarzano 3-krotnie w odstępach 18-godzinnych, stwierdziłam na podstawie testów CRT-W wykonywanych każdorazowo po zabiegu wybielania, że podatność ta była istotnie wyższa niż stwierdzona przed rozpoczęciem całego eksperymentu (CRT-K-1). Porównując wartości testów CRT-W wykonywanych po każdej 4-godzinnej aplikacji żelu wybielającego zaobserwowałam, że ulegały one stopniowemu i istotnemu obniżeniu. Po ostatnim trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 43% odporności wyjściowej.

Każdorazowe przechowywanie zębów przez 18 godzin w roztworze sztucznej śliny po wybielaniu, powodowało wzrost wartości CRT-S, ale tylko w jednym przypadku był to wzrost istotny statystycznie. Mimo obserwowanego wzrostu odporności szkliwa,

pozostawała ona nadal istotnie niższa niż wartość wyjściowa (CRT-K-1). Uzyskane wyniki sugerują, że również w grupie IV wielogodzinny kontakt wybielanych zębów ze sztuczną śliną nie był wystarczający, aby doprowadzić do odporności szkliwa na działanie kwasów, którą stwierdzano przed rozpoczęciem wybielania. Natomiast zabiegi remineralizacyjne (szczotkowanie zębów pastami zawierającymi fluor i jednoczesne przechowywanie w roztworze sztucznej śliny) prowadzone po zakończeniu wybielania przez okres 7 dni, dały efekt w postaci istotnego wzrostu odporności szkliwa na demineralizację, ale była to nadal wartość istotnie niższa w porównaniu do wartości wyjściowej.

Analizując, jak zmienia się podatność szkliwa na demineralizację po 10-minutowej aplikacji żelu zawierającego 35% nadtlenku wodoru niewzbogacony fluorem, którą powtarzano 3-krotnie w odstępach 20-godzinnych (Grupa V), stwierdziłam na podstawie testów CRT-W wykonywanych każdorazowo po zabiegu wybielania, że podatność ta była istotnie wyższa niż stwierdzona przed rozpoczęciem całego eksperymentu (CRT-K-1). Porównując wartości testów CRT-W wykonywanych po każdej 10-minutowej aplikacji żelu wybielającego zaobserwowałam, że ulegały one stopniowemu obniżeniu, ale nie w każdym przypadku był to spadek istotny statystycznie. Po ostatnim trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 70% odporności wyjściowej.

Każdorazowe przechowywanie zębów przez 20 godzin w roztworze sztucznej śliny po wybielaniu, we wszystkich przypadkach powodowało istotny wzrost wartości CRT-S (co oznaczało wzrost odporności szkliwa na demineralizację), ale były to wartości zawsze istotnie statystycznie niższe niż wartość testu kontrolnego (CRT-K-1). Uzyskane wyniki sugerują, że wielogodzinny kontakt wybielanych zębów ze sztuczną śliną nie był wystarczający, aby doprowadzić do odporności szkliwa na działanie kwasów, którą stwierdzano przed rozpoczęciem wybielania. Natomiast zabiegi remineralizacyjne (szczotkowanie zębów pastami zawierającymi fluor i jednoczesne przechowywanie w roztworze sztucznej śliny) prowadzone po zakończeniu wybielania przez okres 7 dni, dały efekt w postaci istotnego wzrostu odporności szkliwa na demineralizację, ale była to nadal wartość istotnie niższa w porównaniu do wartości wyjściowej.

Wnioski szczegółowe

I. Wyniki badań testem CRT podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego działaniu żelu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu i fluor, 10-krotnie każdorazowo przez 10 godzin (Grupa I) pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wartości testów CRT-W wykonywanych po każdym zabiegu wybielania były istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po dziesiątym zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 14% odporności wyjściowej.
   - Po każdej kolejnej aplikacji żelu wybielającego wartości testów CRT-W były niższe, co oznaczało wzrost podatności szkliwa na demineralizację, jednak nie w każdym przypadku był on istotny.
2. Przechowywanie zębów przez 14 godzin w sztucznej ślinie stosowane po każdym zabiegu wybielania powodowało wzrost wartości testu CRT-S, przy czym wartości te były zawsze istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po dziesiątym przechowywaniu wybielonych zębów w sztucznej ślinie, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 18% odporności wyjściowej.
3. Po czternastu zabiegach szczotkowania wybielonych zębów pastą zawierającą fluor i jednoczesnym przechowywaniu w sztucznej ślinie stwierdzono istotny wzrost wartości testu CRT-R w stosunku do wartości CRT-S obserwowanych po zakończeniu wybielania, przy czym wartość CRT-R była nadal istotnie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po zakończeniu trwającej 7 dni remineralizacji, odporność wybielonego szkliwa na działanie kwasów stanowiła 28% odporności wyjściowej.

II. Wyniki badań testem CRT podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego działaniu żelu zawierającego 16% nadtlenek karbamidu i fluor, 10-krotnie każdorazowo przez 10 godzin (Grupa II) pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wartości testów CRT-W wykonywanych po każdym zabiegu wybielania były istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po dziesiatym zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 14% odporności wyjściowej.
   - Po każdej kolejnej aplikacji żelu wybielającego wartości testów CRT-W były niższe, co oznaczało wzrost podatności szkliwa na demineralizację, jednak nie w każdym przypadku był on istotny.
2. Przechowywanie zębów przez 14 godzin w sztucznej ślinie stosowane po każdym zabiegu wybielania, powodowało wzrost wartości testu CRT-S, przy czym wartości te były zawsze istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po dziesiątym

przechowywaniu wybielonych zębów w sztucznej ślinie, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 18% odporności wyjściowej.

3. Po czternastu zabiegach szczotkowania wybielonych zębów pastą zawierającą fluor i jednoczesnym przechowywaniu w sztucznej ślinie stwierdzono istotny wzrost wartości testu CRT-R w stosunku do wartości CRT-S obserwowanych po zakończeniu wybielania, przy czym wartość CRT-R była nadal istotnie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po zakończeniu trwającej 7 dni remineralizacji, odporność wybielonego szkliwa na działanie kwasów stanowiła 30% odporności wyjściowej.

III. Wyniki badań testem CRT podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego działaniu żelu zawierającego 10% nadtlenek karbamidu i fluor, 3-krotnie każdorazowo przez 2 godziny (Grupa III) pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wartości testów CRT-W wykonywanych po każdym zabiegu wybielania były istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 46% odporności wyjściowej.
   - Po każdej kolejnej aplikacji żelu wybielającego, wartości testów CRT-W były niższe, co oznaczało wzrost podatności szkliwa na demineralizację i w każdym przypadku był on istotny.
2. Przechowywanie zębów przez 22 godziny w sztucznej ślinie stosowane po każdym zabiegu wybielania, powodowało wzrost wartości testu CRT-S, przy czym wartości te były zawsze istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po trzecim przechowywaniu wybielonych zębów w sztucznej ślinie, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 60% odporności wyjściowej.
3. Po czternastu zabiegach szczotkowania wybielonych zębów pastą zawierającą fluor i jednoczesnym przechowywaniu w sztucznej ślinie stwierdzono istotny wzrost wartości testu CRT-R w stosunku do wartości CRT-S obserwowanych po zakończeniu wybielania, przy czym wartość ta była nadal istotnie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po zakończeniu trwającej 7 dni remineralizacji, odporność wybielonego szkliwa na działanie kwasów stanowiła 82% odporności wyjściowej.

IV. Wyniki badań testem CRT podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego działaniu żelu zawierającego 16% nadtlenek karbamidu i fluor, 3-krotnie każdorazowo przez 4 godziny (Grupa IV) pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wartości testów CRT-W wykonywanych po każdym zabiegu wybielania były istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 43% odporności wyjściowej.

– Po każdej kolejnej aplikacji żelu wybielającego, wartości testów CRT-W były niższe, co oznaczało wzrost podatności szkliwa na demineralizację i w każdym przypadku był on istotny.

2. Przechowywanie zębów przez 18 godzin w sztucznej ślinie stosowane po każdym zabiegu wybielania, powodowało wzrost wartości testu CRT-S, przy czym wartości te były zawsze istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po trzecim przechowywaniu wybielonych zębów w sztucznej ślinie, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 45% odporności wyjściowej.
3. Po czternastu zabiegach szczotkowania wybielonych zębów pastą zawierającą fluor i jednoczesnym przechowywaniu w sztucznej ślinie stwierdzono istotny wzrost wartości testu CRT-R w stosunku do wartości CRT-S obserwowanych po zakończeniu wybielania, przy czym wartość CRT-R była nadal istotnie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po zakończeniu trwającej 7 dni remineralizacji, odporność wybielonego szkliwa na działanie kwasów stanowiła 75% odporności wyjściowej.

V. Wyniki badań testem CRT podatności na demineralizację szkliwa zębów poddanego działaniu żelu zawierającego 35% nadtlenek wodoru, 3-krotnie, każdorazowo przez 10 minut (Grupa V) pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wartości testów CRT-W wykonywanych po każdym zabiegu wybielania były istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po trzecim zabiegu wybielania, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 46% odporności wyjściowej.
   – Po każdej kolejnej aplikacji żelu wybielającego, wartości testów CRT-W były niższe, co oznaczało wzrost podatności szkliwa na demineralizację. Pomiędzy 1 i 2 zabiegiem wybielania różnice były istotne.
2. Przechowywanie zębów przez 20 godzin w sztucznej ślinie stosowane po każdym zabiegu wybielania, powodowało wzrost wartości testu CRT-S, przy czym wartości te były zawsze istotnie niższe niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po trzecim przechowywaniu wybielonych zębów w sztucznej ślinie, odporność szkliwa na działanie kwasów stanowiła 70% odporności wyjściowej.
3. Po czternastu zabiegach szczotkowania wybielonych zębów pastą zawierającą fluor i jednoczesnym przechowywaniu w sztucznej ślinie stwierdzono istotny wzrost wartości testu CRT-R w stosunku do wartości CRT-S obserwowanych po zakończeniu wybielania, przy czym wartość CRT była nadal istotnie niższa niż wartość kontrolna (CRT-K-1). Po zakończeniu trwającej 7 dni remineralizacji, odporność wybielonego szkliwa na działanie kwasów stanowiła 81% odporności wyjściowej.

Podsumowanie – wnioski ogólne

1. Po każdej aplikacji preparatu wybielającego niezależnie od rodzaju użytego preparatu i czasu jego stosowania, obserwowano stopniowy wzrost podatności szkliwa na demineralizację.
2. Na podstawie wyników badań uzyskanych w grupie I, II, III, IV i V można stwierdzić, że największą utratę odporności szkliwa na demineralizację (86%) stwierdzono po zakończeniu pełnego cyklu wybielania preparatami zawierającymi 10% i 16% nadtlenek karbamidu wzbogaconych fluorem, aplikowanymi dziesięciokrotnie każdorazowo przez 10 godzin. Natomiast w przypadku stosowania preparatów wybielających zawierających 10% i 16% nadtlenek karbamidu trzykrotnie przez 2 godziny (w przypadku 10% nadtlenku karbamidu) lub przez 4 godziny (w przypadku 16% nadtlenku karbamidu), a także w przypadku zastosowania 35% nadtlenku wodoru trzykrotnie każdorazowo przez 10 minut, utrata odporności szkliwa na demineralizację była mniejsza (od 54 do 57%).
3. Każdorazowa ekspozycja wybielanych zębów na działanie sztucznej śliny prowadziła do wzrostu odporności wybielonego szkliwa na demineralizację, ale uzyskana odporność była niższa niż kontrolna.
4. Zabiegi remineralizacyjne trwające 7 dni z użyciem past zwierających fluor i jednoczesne przechowywanie w sztucznej ślinie, prowadziło do istotnego wzrostu odporności szkliwa niezależnie od rodzaju użytej pasty. Efekt remineralizacji zależał istotnie od stopnia uszkodzenia szkliwa w wyniku przeprowadzonego procesu wybielania. W przypadku grupy I i II, w których podatność szkliwa na demineralizację po wybielaniu była największa, odporność szkliwa po remineralizacji stanowiła 28 i 30% wartości kontrolnej. Natomiast w grupie III, IV i V, w których podatność szkliwa na demineralizację po wybielaniu była mniejsza, odporność szkliwa po remineralizacji wynosiła odpowiednio 82, 75 i 81% wartości wyjściowej.
5. Pacjenci, którzy stosują intensywne wybielanie zębów preparatami zawierającymi w składzie 10% i 16% nadtlenek karbamidu nawet wzbogacone fluorem oraz 35% nadtlenek wodoru, powinni po każdym zabiegu wybielania stosować profilaktycznie intensywną remineralizację szkliwa, która powinna być kontynuowana po zakończeniu cyklu wybielania dłużej niż 7 dni.

10. SUMMARY

Introduction

Literature data indicate that the whitening treatments as well as after their completion may lead to various side effects. There is a limit whitening process called saturation point where the bleaching should be stopped, if not the destruction of enamel start. Excessive tooth whitening causes the risk of protein oxidation in the enamel and dentine and may consequently lead to fragility and increase in porosity of the tooth. Changes in the enamel structure under the influence of the whitening agents can lead to increase of susceptibility enamel to demineralization. Whitening preparations depending on the type and concentration of active ingredient, presence or absence of remineralizing ingredient, pH and time of application may cause changes in the enamel structure.

The aims

1. Term how the enamel susceptibility to demineralization changes during multiple and differentiate time of application bleaching agents which contain 10% carbamide peroxide, 16% carbamide peroxide and 35% hydrogen peroxide and what influence on the enamel susceptibility have storage teeth in artificial saliva,
2. term how susceptibility to demineralization of bleached enamel changes after brushing with toothpastes containing fluorine.

Materials and methods

The investigation material consisted of 100 teeth included 35 incisors, 10 canines, 15 premolars and 40 molars extracted of periodontal diseases and orthodontics treatment. All of the teeth were without dental caries. After extraction teeth were cleaned and sterilized. In each tooth selected and marked only one surface to conduct examinations. Surface 2 mm in diameter was surrounded by a groove marked diamond drill ball-shaped with green code.

In examinations applied three preparations used for external bleaching: Opalescence PF 10%, Opalescence PF 16% and Bianco Professional.

Opalescence PF 10% (Ultradent, USA) is a viscous thick clear gel, which consist of 10% Carbamide Peroxide, Potassium Nitrate, Fluorine 0,11% (1100 ppm) and 20% water. According the producer gel is used in overlays by 8-10 hours at night or during day by 2-6 hours. Depending on the desired effect, the whole procedure takes 3-10 applications. Preparation is used for bleaching at home.

Opalescence PF 16% (Ultradent, USA) is a viscous thick clear gel, which consist of 16% Carbamide Peroxide, Potassium Nitrate, Fluorine 0,11% (1100 ppm) and 20% water.

According the producer gel is used in overlays by 8-10 hours at night or during day by 4-6 hours. Depending on the desired effect, the whole procedure takes 3-10 applications. Preparation is used for bleaching at home.

Bianco Professional (Molteni Dental, Włochy) is a viscous gel, which consist of 35% Hydrogen Peroxide, Tartaric Acid, EDTA, Carboxymethylcellulose, Potassium Nitrate, Sodium Hydroxide and Glycerine. Preparation does not include Fluorine. According the producer gel is used 3 times each by 10 mutes. Preparation is used for bleaching in office.

To remineralization, which was conducted after completion of bleaching procedure, used two various toothpastes: Duraphat® 5000 (Colgate) and Sensodyne® Restoration and Protection (GSK). **Duraphat® 5000** (Colgate) - 1 g paste include 5 mg (5000 ppm) Fluorine in Sodium Fluoride. **Sensodyne® Restoration and Protection** (GSK) consist of Glycerin, PEG-8, Silica, Calcium Sodium Phosphosilicate (NovaMin), Cocamidopropyl Betaine, Sodium Methyl Cocoyl Taurate, Sodium Monofluorophosphate (1450 ppm Fluorine), Aroma, Titanium Dioxide, Carbomer, Sodium Saccharin, Limonene. NovaMin is a unique formula based on Calcium Phosphate.

The investigative material consisted of 100 teeth divided into 5 groups. Each group consisted of 20 teeth: 7 incisors, 2 canines, 3 premolars and 8 molars. In each group was conducted appropiate bleaching procedure depending on type of bleaching preparation, concentration of active ingredient, time and multiple application. Group I consisted of 20 teeth bleached 10% carbamide peroxide 10 times each by 10 hours. Group II consisted of 20 teeth bleached 16% carbamide peroxide 10 times each by 10 hours. Group III consisted of 20 teeth bleached 10% carbamide peroxide 3 times each by 2 hours. Group IV consisted of 20 teeth bleached 16% carbamide peroxide 3 times each by 4 hours. Group V consisted of 20 teeth bleached 35% hydrogen peroxide 3 times each by 10 minutes.

Before start examinations all teeth for the period of 24 hours were placed into the solution of artificial saliva with pH 6,7 and the composition of 0,1 l 25mM KH_2PO_4, 0,1 l 24mM Na_2HPO_4, 0,1 l 150mM $KHCO_3$, 0,1 l 100mM NaCl, 0,1 l 1,5mM $MgCl_2$, 0,1 l 15mM $CaCl_2$ and 0,006 l 25mM citric acid. Enamel susceptiblity to demineralization was analyzed CRT-K-1 test (control test) before start bleaching procedure.

Bleaching gel included 10% carbamide peroxide (Group I, Group III), 16% carbamide peroxide (Group II, Group IV), 35% hydrogen peroxide (Group V), applied on before selected enamel surfaces. Time of each application used during examination complied with a producer indications (Group I – 10 h, Group II – 10 h, Group III – 2 h, Group IV – 4 h, Group V – 10 min.). During bleaching teeth were placed under cover at room temperature

in shading and humidity conditions. After bleaching teeth were rinsed with distilled water, dried and CRT-W test was taken. Next after rinse with distilled water and dry teeth were again placed in artificial saliva solution at fixed time (Group I –14 h, Group II – 14 h, Group III – 22 h, Group IV – 18 h, Group V –20 h). After that teeth were again rinsed with distilled water, dried and CRT-S test was taken. Procedures described above bleaching, storage in artificial saliva and CRT-W and CRT-S test taking were repeated 10times for I and II Group and 3times for III, IV and V Group.

After complete bleaching procedure all teeth were subjected to remineralization treatment (enamel surface brushing) using Duraphat® 5000 (50% teeth) and Sensodyne® (50% teeth) 7 days 2 times per day by 2 minutes. First CRT-R test was taken after first remineralization treatment. After taking CRT test teeth were rinsed with distilled water, dried and placed in artificial saliva solution for 11 hours. That procedure was done 14 times. Each, between next remineralization treatment teeth were storage in artificial saliva by 11 hours. After 14th remineralization treatment teeth were rinsed with distilled water, dried and second CRT-R test was taken.

One of the clinical methods used to evaluate the demineralization of enamel is a colorimetric CRT test (*Color Reaction Time*). The examination of enamel solubility by CRT test was conducted in the following way: a prepared disc of filter paper (white color) 2 mm in diameter and thickness 0,16 mm was dripped with 1,5 µl water solution of 0,02% methyl violet. All disc changed color from white to violet and dried. After dried 1,5 µl lN HCl was applied on the disc for 30 seconds – all disc changed its color from violet to yellow. The damped yellow disc was placed on the chose surface of the tooth and the time (s) of changing the color from yellow to violet was measured in seconds. The time of changing the color from yellow to violet reflected enamel susceptibility to acid activity: the sorter the time of changing the color, the higher enamel susceptibility to demineralization was.

CRT-K-1 was a control test which was taken after 24 hours storage teeth in artificial saliva solution before bleaching procedure. CRT-W-n test was taken each after bleaching preparation application.

CRT-S-n test was taken each after storage teeth in artificial saliva. CRT-R-8/22 tests were taken after fist remineralization treatment (for Group III, IV and V was CRT-R-8 test, for Group I and II was CRT-R-22 test). CRT-R-9/23 tests were taken after 14th remineralization treatment (for III, IV and V Group was CRT-R-9 test, for I and II Group was CRT-R-23 test).

Statistical analysis was conducted using Microsoft Office Excel (2007). Arithmetic ($\bar{x}$), standard deviation (SD), minimum value (min) and maximum value (max) were calculated. Significance of differences analyzed by t-Student test for direct values. In all calculations level of significance established $p<0,05$.

Results and detailed conclusions

Results of examinations enamel susceptibility to demineralization analyzed CRT test after application gel which included 10% carbamide peroxide and fluorine, 10 times each by 10 hours (Group I) draw conclusions:

1. Values of CRT-W test took after each bleaching procedure were statistically lower than control values (CRT-K-1). After 10th bleaching procedure the enamel resistance to acid action was 14% of enamel resistance before start bleaching procedure.
   - After each next application of bleaching gel with 10% carbamide peroxide the values of CRT-W test were lower and that meant increase in enamel susceptibility to demineralization but not in every case it was statistically significant.
2. Teeth storage in artificial saliva by 14 hours after each bleaching procedure caused increase in CRT-S test values but these values were always statistically lower than control values (CRT-K-1). After 10th storage teeth in artificial saliva enamel resistance to acid action was 18% of enamel resistance before start bleaching procedure.
3. After 14 remineralization treatments with toothpaste containing fluorine of bleached teeth and after storage teeth in artificial saliva found statistically significant increase in CRT-R test values relative to CRT-S test values observed after bleaching but CRT-R test values were still statistically significant lower than control values (CRT-K-1). After 7 days remineralization procedure the enamel resistance to acid action was 28% of enamel resistance before start bleaching procedure.

Results of examinations enamel susceptibility to demineralization analyzed CRT test after application gel which included 16% carbamide peroxide and fluorine, 10 times each by 10 hours (Group II) draw conclusions:

1. Values of CRT-W test took after each bleaching procedure were statistically lower than control values (CRT-K-1). After 10th bleaching procedure the enamel resistance to acid action was 14% of enamel resistance before start bleaching procedure.
   - After each next application of bleaching gel with 16% carbamide peroxide the values of CRT-W test were lower and that meant increase in enamel susceptibility to demineralization but not in every case it was statistically significant.

2. Teeth storage in artificial saliva by 14 hours after each bleaching procedure caused increase in CRT-S test values but these values were always statistically lower than control values (CRT-K-1). After 10th storage teeth in artificial saliva enamel resistance to acid action was 18% of enamel resistance before start bleaching procedure.
3. After 14 remineralization treatments with toothpaste containing fluorine of bleached teeth and after storage teeth in artificial saliva found statistically significant increase in CRT-R test values relative to CRT-S test values observed after bleaching but CRT-R test values were still statistically significant lower than control values (CRT-K-1). After 7 days remineralization procedure the enamel resistance to acid action was 30% of enamel resistance before start bleaching procedure.

Results of examinations enamel susceptibility to demineralization analyzed CRT test after application gel which included 10% carbamide peroxide and fluorine, 3 times each by 2 hours (Group III) draw conclusions:

1. Values of CRT-W test took after each bleaching procedure were statistically lower than control values (CRT-K-1). After 3rd bleaching procedure the enamel resistance to acid action was 46% of enamel resistance before start bleaching procedure.
   - After each next application of bleaching gel with 10% carbamide peroxide the values of CRT-W test were lower and that meant increase in enamel susceptibility to demineralization and in every case it was statistically significant.
2. Teeth storage in artificial saliva by 22 hours after each bleaching procedure caused increase in CRT-S test values but these values were always statistically lower than control values (CRT-K-1). After 3rd storage teeth in artificial saliva enamel resistance to acid action was 60% of enamel resistance before start bleaching procedure.
3. After 14 remineralization treatments with toothpaste containing fluorine of bleached teeth and after storage teeth in artificial saliva fund statistically significant increase in CRT-R test values relative to CRT-S test values observed after bleaching but CRT-R test values were still statistically significant lower than control values (CRT-K-1). After 7 days remineralization procedure the enamel resistance to acid action was 82% of enamel resistance before start bleaching procedure.

Results of examinations enamel susceptibility to demineralization analyzed CRT test after application gel which included 16% carbamide peroxide and fluorine, 3 times each by 4 hours (Group IV) draw conclusions:

1. Values of CRT-W test took after each bleaching procedure were statistically lower than control values (CRT-K-1). After 3rd bleaching procedure the enamel resistance to acid action was 43% of enamel resistance before start bleaching procedure.
   - After each next application of bleaching gel with 16% carbamide peroxide the values of CRT-W test were lower and that meant increase in enamel susceptibility to demineralization and in every case it was statistically significant.
2. Teeth storage in artificial saliva by 18 hours after each bleaching procedure caused increase in CRT-S test values but these values were always statistically lower than control values (CRT-K-1). After 3rd storage teeth in artificial saliva enamel resistance to acid action was 45% of enamel resistance before start bleaching procedure.
3. After 14 remineralization treatments with toothpaste containing fluorine of bleached teeth and after storage teeth In artificial saliva found statistically significant increase in CRT-R test values relative to CRT-S test values observed after bleaching but CRT-R test values were still statistically significant lower than control values (CRT-K-1). After 7 days remineralization procedure the enamel resistance to acid action was 75% of enamel resistance before start bleaching procedure.

Results of examinations enamel susceptibility to demineralization analyzed CRT test after application gel which included 35% hydrogen peroxide, 3 times each by 10 minutes (Group V) draw conclusions:

1. Values of CRT-W test took after each bleaching procedure were statistically lower than control values (CRT-K-1). After 3rd bleaching procedure the enamel resistance to acid action was 46% of enamel resistance before start bleaching procedure.
   - After each next application of bleaching gel with 35% hydrogen peroxide the values of CRT-W test were lower and that meant increase in enamel susceptibility to demineralization and between 1st and 2nd bleaching were statistically significant.
2. Teeth storage in artificial saliva by 20 hours after each bleaching procedure caused increase in CRT-S test values but these values were always statistically significant lower than control values (CRT-K-1). After 3rd storage teeth in artificial saliva enamel resistance to acid action was 70 % of enamel resistance before start bleaching procedure.
3. After 14 remineralization treatments with toothpaste containing fluorine of bleached teeth and after storage teeth in artificial saliva found statistically significant increase in CRT-R test values relative to CRT-S test values observed after bleaching but CRT-R test values were still statistically significant lower than control values (CRT-K-1). After

7 days remineralization procedure the enamel resistance to acid action was 81% of enamel resistance before start bleaching procedure.

Conclusions

1. After each application of bleaching preparation independent from used preparation and time of application gradual increase in susceptibility to demineralization was observed.
2. Based on the results of examinations from I, II, III, IV and V Group may state that the biggest loss enamel resistance to demineralization (86%) was after complete bleaching procedure preparations which included 10% and 16% carbamide peroxide with fluorine, applied 10 times each by 10 hours. While in case of application preparations which included 10% and 16% carbamide peroxide 3 times each by 2 hours (in case of 10% carbamide peroxide) or by 4 hours (in case of 16% carbamide peroxide) and in case of application 35% hydrogen peroxide 3 times each by 10 minutes loss of enamel resistance to demineralization was smaller (from 54 to 57%).
3. Each storage bleached teeth in artificial saliva lead to increase in enamel resistance to demineralization but it was still lower than enamel resistance observed before start bleaching procedure.
4. Remineralization treatments with toothpastes with fluorine used 7 days and storage teeth in artificial saliva led to statistically significant increase in enamel resistance independent from used toothpaste. Remineralization effect depended statistically significant from the degree of enamel damage after beaching procedure. In case of I and II Group in which the enamel susceptibility to demineralization after bleaching was the biggest, the enamel resistance after remineralization was 28 and 30% of enamel resistance before start bleaching procedure. While in III, IV and V Group in which enamel susceptibility to demineralization after bleaching was smaller, the enamel resistance after remineralization was respectively 82, 75 and 81% of control values.
5. Patients which intensive bleach enamel preparations which include 10% and 16% carbamide peroxide even with fluorine and 35% hydrogen peroxide should after each bleaching procedure use prophylactically intensive enamel remineralization which after complete bleaching procedure should be continued longer than 7 days.