

# Wpływ powtórnego topienia stopów CoCr stosowanych w protetyce stomatologicznej na cytotoksyczność fibroblastów dziąsła ludzkiego\*

The effect of recasted CoCr alloys on cytotoxicity of human gingival fibroblasts

Anna Walczewska<sup>1</sup>, Emilia Zgórzyńska<sup>1</sup>, Krzysztof Sokołowski<sup>2</sup>, Monika Łukomska-Szymańska<sup>2</sup>, Jolanta Saczko<sup>3</sup>, Julita Kulbacka<sup>3</sup>, Jerzy Sokołowski<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Z Zakładu Interakcji Międzykomórkowych Katedry Fizjologii Doświadczalnej i Klinicznej UM w Łodzi  
Kierownik: dr hab. n. med. A. Walczewska, prof. nadzw.

<sup>2</sup> Z Zakładu Stomatologii Ogólnej Katedry Stomatologii Ogólnej UM w Łodzi  
Kierownik: dr hab. n. med. J. Sokołowski, prof. nadzw.

<sup>3</sup> Z Katedry i Zakładu Biochemii Lekarskiej AM we Wrocławiu  
Kierownik: prof. dr hab. A. Gamian

---

---

## HASŁA INDEKSOWE:

MTT, fibroblasty, Wironit extrahard, Wirobond C, stopy CoCr powtórnie topione

---

---

---

---

## KEY WORDS:

MTT, fibroblasts, Wironit extrahard, Wirobond C, recasted CoCr alloys

---

---

### Streszczenie

**Cel pracy.** Celem badań była ocena wpływu powtórnego topienia powszechnie używanych w protetyce stomatologicznej stopów Wironit extrahard (Wr) i Wirobond C (WbC) oraz odlewów wykonanych z różnym udziałem stopu powtórnie topionego i fabrycznie nowego na ich cytotoksyczność.

**Wyniki.** Żywotność fibroblastów mierzona testem MTT nie różniła się statystycznie w wyciągach 1-, 3-, 5- i 7-dniowych ze standardowych próbek odlewów fabrycznie nowego stopu Wr, powtórnie topionego (Wr-t100%), oraz odlewów Wr zawierających różne proporcje stopu nowego i powtórnie topionego (t30% i t70%). Nie zanotowano też różnic cytotoksyczności analogicznych odlewów WbC, WbC-t100%, WbC-t30% i WbC-t70%. Natomiast wyciągi stopu fabrycznie nowego Wr, Wr-t100%, Wr-t30% i Wr-t70% były statystycznie istotnie mniej cytotoksyczne we wszystkich wyciągach niż analogiczne odlewy z WbC. Większą cytotoksyczność WbC w porównaniu z Wr potwierdza porównanie żywotności fibroblastów we wszystkich wyciągach razem dla każdego rodzaju odlewu. Średnia żywotności fibroblastów w wyciągach z odlewów stopów Wr wynosiła od 89% do 93% aktywności dehydrogenaz mitochon-

### Summary

**Aim of the study.** To evaluate the cytotoxic effect of recasting CoCr alloys, Wironit extrahard (Wr) and Wirobond C (WbC), and the casts composed of different proportion of brand new and recasted alloys (t70% and t30%) on human gingival fibroblasts.

**Results.** Cell viability was assessed using the MTT assay. No significant differences were found between the viability of fibroblasts exposed to the 1-, 3-, 5- and 7-day extracts from brand new CoCr alloys, 100% recasted alloys (Wr-t100% and WbC-t100%), and casts containing different proportion of the brand new and recasted alloys. However, the cytotoxicity of Wr casts was lower than that of WbC casts in each period of the extracts from brand new, t100%, t70%, and t30% casts. The comparison of fibroblast viability in all extracts prepared for each type of cast confirmed that the cytotoxicity of WbC alloy was higher compared with Wr alloy. The average viability of fibroblasts exposed to the extracts from Wironit extrahard in all time intervals ranged from 89% to 93% of the mitochondrial dehydrogenase activity in the control fibroblasts, and was about 10% higher than the corresponding extracts from WbC.

---

\* Praca prezentowana na Konferencji „Biomateriały i mechanika w stomatologii”. Ustroń 2010 r.

driów komórek hodowanych w czystym podłożu i była około 10% wyższa niż w analogicznych wyciągach odlewów WbC.

**Wnioski.** Powtórne topienie stopów Wironit extrahard i Wirobond C nie wpłynęło na żywotność fibroblastów dziąsła ludzkiego. Natomiast Wirobond C bez względu na to, czy został powtórnie przetopiony czy nie, hamował aktywność dehydrogenaz w mitochondriach komórek.

**Conclusions.** Recasting of both Wironit extrahard and Wirobond C alloys did not change the human gingival fibroblasts viability. However, Wirobond C, regardless of whether it was recasted or not, inhibited the activity of mitochondrial dehydrogenase activity more than the corresponding Wb alloys.

## Wprowadzenie

Tkanki jamy ustnej podlegają gwałtownym zmianom środowiska fizycznego i chemicznego. Przyczyną tego jest zmienny skład chemiczny i konsystencja pokarmu, sposób jego spożywania, a także bezpośredni kontakt jamy ustnej z powietrzem atmosferycznym o różnych parametrach fizycznych. Jama ustna jest też miejscem w organizmie, gdzie tkanki w ciągu życia człowieka mają długie okresy kontaktu z syntetycznymi materiałami, metalami i ich stopami. Metale i ich stopy ze względu na wysoką wytrzymałość mechaniczną znajdują szerokie zastosowanie w protetyce stomatologicznej. W Europie i Japonii do wykonania odlewów szkieletów protez ruchomych powszechnie stosuje się stopy kobaltowo-chromowe (Co-Cr) (1), które wykazują większą odporność na korozję niż stopy zawierające nikiel (2).

Do popularnych stopów CoCr należy Wironit extrahard (Bego) o składzie: Co – 63,0%, Cr – 30,0%, Mo – 5,0%, C – max 0,4%, Si, Mn poniżej 1% oraz o bardzo zbliżonym składzie -Wirobond C (Bego): Co – 61%, Cr – 26%, Mo – 6%, W – 5%, Si – 1%, Fe i Ce – 0,5%, C – max 0,02% (3). Uzupełnienia protetyczne wykonywane ze stopów CoCr z różną domieszką innych metali charakteryzuje wysoka odporność na utlenienie i korozję (4). Z dwóch wymienionych stopów CoCr, Wironit wykazuje wysoką odporność korozyjną o czym świadczą niskie wartości prądów i potencjałów korozji (5).

Stopy CoCr mimo większej odporności na utlenianie i korozję w stosunku do innych stopów metali nieszlachetnych uwalniają więcej podstawo-

wych jonów metali do roztworów soli fizjologicznej lub sztucznej śliny, niż stopy metali szlachetnych (6). Główne jony stopów CoCr nie są obojętne dla czynności komórek. Jony Cr wykazują średnią, a jony Co nawet dużą cytotoksyczność na komórki epitelialne i fibroblasty (7). Dlatego poszukuje się różnych metod w celu polepszenia nie tylko cech fizycznych stopów metali nieszlachetnych (sprężystości, twardości, wytrzymałości i udarowości), ale także sposobów zmniejszenia szybkości korozji i uwalniania jonów do płynów ustrojowych. Szczególnie, że kontakt z tlenem atmosferycznym, chwilowe obniżenie pH pod wpływem kwaśnych potraw oraz miejscowe, spowodowane działaniem endogennych bakterii przyzębia stwarza korzystne warunki dla korozji metali. W celu poprawienia biokompatybilności będących w powszechnym użyciu stopów CoCr oraz zmniejszenia ich cytotoksyczności podczas długiego przebywania w jamie ustnej stosuje się metody powlekania tych stopów różnymi rodzajami powłok izolujących i z wykorzystaniem różnorodnych procesów technologicznych (8). Wykorzystuje się także do wykonywania protez stopy metali szlachetnych i nieszlachetnych powtórnie topionych (9). Łukomska-Szymańska i wsp. (10) wykazali brak istotnych statystycznie różnic w wytrzymałości, twardości i w strukturze wewnętrznej próbek odlewanych z nowego fabrycznego stopu Wironit extrahard i Wirobond C w porównaniu z próbkami odlewanyymi ze stopów po ich powtórny topieniu. Z tego powodu stało się niezbędne określenie, czy odlewy wykonane z powtórnie topionych stopów, a także odlewy z udziałem stopu powtórnie topionego mają niekorzystny wpływ na aktywność metaboliczną komórek.

## Cel pracy

Celem badań była ocena wpływu powtórnego topienia używanych powszechnie w protetyce stomatologicznej stopów CoCr Wironit extrahard i Wirobond C oraz odlewów wykonanych z różnym udziałem stopu powtórnie topionego w proporcji 30% i 70% stopu powtórnie topionego na ich cytotoxycznosc w teście MTT.

## Materiały i metody

Próbki ze stopów CoCr Wironit extrahard (Wr) i Wirobond C (WbC) Bego (Niemcy) odlano w formie walców o średnicy 9 mm i wysokości 6 mm (powierzchnia 3 cm<sup>2</sup>) metodą rotacyjną w odlewni indukcyjnej Fornax (Bego) zgodnie z zasadami przyjętymi w odlewnictwie protetycznym. Formy odlewnicze przygotowano z masy ogniotrwałej, wykorzystując woskowe szablony próbek przygotowane w formach z masy silikonowej. Do badań przygotowano 8 serii po 10 próbek w każdej. Próbki odlano z nowych fabrycznych stopów, ze stopu powtórnie topionego i z mieszaniny zawierającej raz przetopiony stop w proporcji około 1/3 i 2/3 w stosunku do stopu fabrycznie nowego stopu (tab. I). Próbki po odlewie oczyszczono z masy ogniotrwałej i po opracowaniu mechanicznym frezami do metalu poddano obróbce strumieniowo-ściernej korundem o ziarnistości 50 mikrometrów przy ciśnieniu 6 bar.

Ludzkie fibroblasty dziąsłowe z eksplantów dziąsła uzyskano w Zakładzie Chirurgii Stomatologicznej

Akademii Medycznej we Wrocławiu. Metoda izolacji komórek została opisana przez Saczko i wsp. (11).

Badania cytotoxycznosci odlewów stopów metali przeprowadzono w płynach inkubacyjnych próbek odlewów stopów zgodnie z polskimi normami PN-EN ISO 10993-5 oraz PN-EN ISO 10993-12. Przed wykonaniem wyciągów wszystkie odlewy poddano obróbce strumieniowo-ściernej i odłuszczone 70% roztworem etanolu. Tak przygotowane próbki umieszczono w sterylnych probówkach i zalano pożywką hodowlaną z dodatkiem antybiotyków (3 cm<sup>2</sup>/ml). Wszystkie probówki umieszczono w łaźni wodnej o temp. 37°C i wytrząsano przez 7 dni. Co 24 godz. podłoże było zlewane, a próbki przemywane roztworem PBS i ponownie zalewane świeżym podłożem. Otrzymane wyciągi porcjowano i zamrożono w -80°C.

Fibroblasty hodowano w pożywce DMEM (Dulbecco's modified Eagle's medium; Biochrom AG) z dodatkiem 10% płodowej surowicy bydlęcej (FBS; Biochrom AG) i 1% roztworu penicyliny i streptomycyny (100 j. penicyliny/ml i 100 mg streptomycyny/ml; Biochrom AG). Hodowlę komórek prowadzono w 37 °C przy 5% nasyceniu CO<sub>2</sub>. Po osiągnięciu konfluencji fibroblasty przemywano roztworem PBS (Biochrom AG), zalewano mieszaniną 0,25% trypsyny i 0,02% EDTA w PBS (Biochrom AG) i inkubowano przez 1-2 min. w temperaturze 37 °C. Trypsynizację hamowano przez dodanie DMEM zawierającego 10% FBS. Komórki uzyskiwano poprzez wirowanie przy 800 × g przez 5 minut. Otrzymany osad komórek zawi-

T a b e l a I. Zawartość stopu powtórnie topionego w badanych próbkach stopów CoCr

Wironit extrahard	Skrót	Wirobond C	Skrót	Dodatek stopu powtórnie topionego [%]
Stop fabrycznie nowy	Wr	Stop fabrycznie nowy	WbC	0
70% stopu fabrycznie nowego i 30% stopu powtórnie topionego	Wr-t30%	70% stopu fabrycznie nowego i 30% stopu powtórnie topionego	WbC-t30%	30
30% stopu fabrycznie nowego i 70% stopu powtórnie topionego	Wr-t70%	30% stopu fabrycznie nowego i 70% stopu powtórnie topionego	WbC-t70%	70
Stop powtórnie topiony (t)	Wr-t100%	Stop powtórnie topiony (t)	WbC-t100%	100

eszano w DMEM zawierającym 10% FBS. Gęstość komórek w zawieszynie oceniano pod mikroskopem przy pomocy komory Bürker'a.

Oznaczenie żywotności komórek w wyciągach otrzymanych z badanych stopów przeprowadzono z użyciem testu MTT. Podstawą tego testu jest przekształcenie soli tetrazoliowych MTT (bromku 3[4,5-dimetylo-2-ilo]-2,5-difenylo-tetrazolu) o zabarwieniu żółtym do nierozpuszczalnego w wodzie formazanu o barwie fioletowej. Aktywność dehydrogenaz w mitochondriach jest mierzona kolorymetrycznie po rozpuszczeniu formazanu w DMSO (dimetylosulfotlenek) i określana jako żywotność komórek. Stan procesów oksydoredukcyjnych w fibroblastach hodowanych w wyciągach porównywano do intensywności tych procesów w komórkach hodowanych w czystym podłożu hodowlanym, każdy wyciąg testowano w dwóch powtórzeniach.

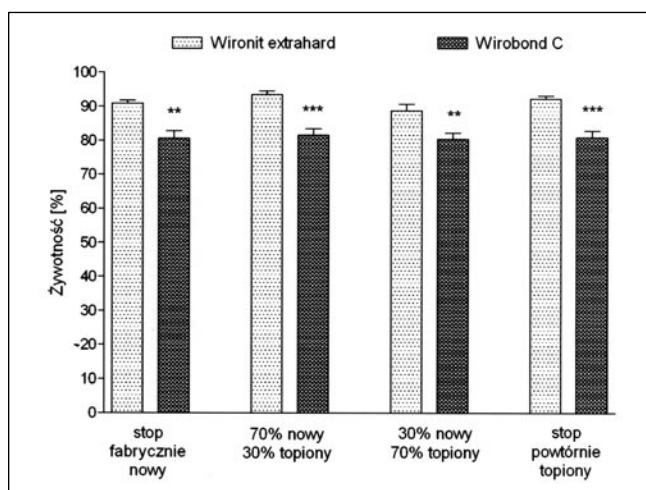
Badania przeprowadzano na płytkach 96-dolkowych zawierających po 20 000 komórek na dołek. Po 48 godz. hodowli komórek na płytce podłoże usuwano, dodawano testowane wyciągi oraz nowe wzrostowe podłoże. Po 24 godz. inkubacji medium zbierano, płytki przepłukiwano roztworem PBS i dodawano do każdego dołka roztwór MTT w PBS o stężeniu 0,5 mg/ml w objętości 200 µl. Płytki zawinięte w folię aluminiową inkubowano przez 2 godziny w temperaturze 37°C. Po inkubacji roztwór MTT usuwano. Powstałe kryształki formazanu rozpuszczano w 200 µl DMSO. Bezpośrednio przed pomiarem, płytki wstrząsano w czytniku i mierzono absorbancję przy  $\lambda$  570 nm (Perkin-Elmer 1420 – Victor 2). Wyniki przedstawiono jako odsetek wartości kontrolnej  $P = (A_p/A_k) \times 100$ , gdzie  $A_p$  to średnia absorbancja próby badanej, a  $A_k$  to średnia absorbancja próby kontrolnej.

Uzyskane wyniki z trzech serii eksperymentów poddano analizie statystycznej. Test Shapiro-Wilka wykazał rozkład normalny, a test Bartlett'a – brak istotności różnic wariancji. Do porównania żywotności we wszystkich okresach uzyskiwania wyciągów odlewów stopów Wr i WbC przygotowanych w identyczny sposób: Wr/WbC, Wr-t30%/WbC-t30%, Wr-t70%/WbC-t70% i Wr-t100%/WbC-t100% zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) z testem post-hoc Tukey'a. Do porównania żywotności w wyciągach z analogicz-

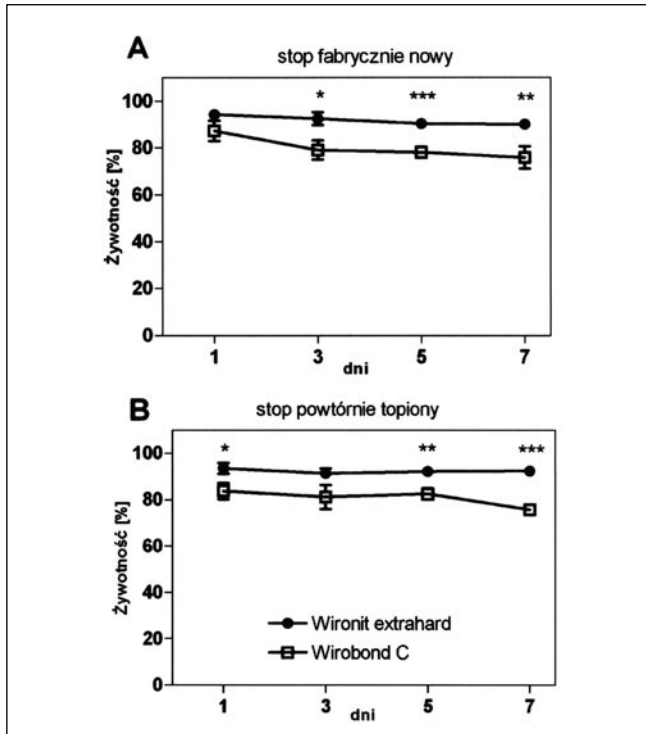
nych odlewów Wr i WbC oddzielnie dla 1-, 3-, 5- i 7-dniowych użyto test t-Studenta.

## Wyniki i ich omówienie

Żywotności fibroblastów we wszystkich okresach otrzymywania wyciągów z próbek odlewów fabrycznie nowego stopu Wironit extrahard, Wironitu powtórnie topionego (Wr-t100%) oraz wyciągów z odlewów wykonanych w różnej proporcji stopu fabrycznie nowego i powtórnie topionego: Wr-t30%, Wr-t70% nie różniła się. Odnotowano również brak różnic w żywotności fibroblastów dla wyciągów z analogicznie wykonanych stopów Wirobondu C. Natomiast jednoczynnikowa analiza wariancji ANOVA z testem post-hoc wykazały istotnie większą cytotoksyczność wszystkich odlewów stopów WbC w porównaniu do analogicznych odlewów stopu Wironitu extrahard. Omówione wyniki są przedstawione na rycinie 1. Porównanie aktywności enzymatycznej w mitochondriach fibroblastów w 1-, 3-, 5- i 7-dniowych wyciągach potwierdziła statystycznie istotnie większą cytotoksyczność odlewów Wirobondu C w porównaniu z analogicznym odlewem Wironitu extrahard prawie we wszystkich badanych czasach wyciągów (ryc. 2 i 3).



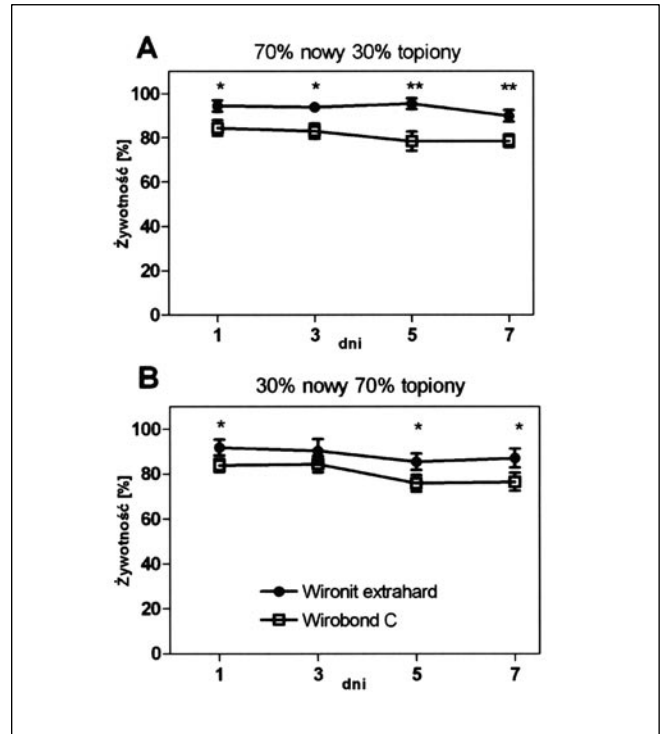
Ryc. 1. Średnia żywotność fibroblastów we wszystkich wyciągach z odlewów wykonanych z fabrycznie nowych stopów Wironit extrahard i Wirobond C; z odlewów w proporcji 70% stopu nowego i 30% stopu powtórnie topionego, 30% stopu nowego i 70% stopu powtórnie topionego oraz ze stopów Wironit extrahard i Wirobond C powtórnie przetopionych. Wyniki są średnią z trzech serii eksperymentów (każdy w 2ch powtórzeniach)  $\pm$  SEM. \*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$ .



Ryc. 2. Cytotoksyczność odlewów stopów CoCr: (A) fabrycznie nowych stopów Wironit extrahard i Wirobond C, (B) powtórnie topionych stopów Wironit extrahard i Wirobond C na fibroblasty dziąsła ludzkiego w wyciągach 1-, 3-, 5- i 7-dniowych przygotowanych w standardowej pożywce DMEM z dodatkiem 1% antybiotyków. Wyniki są średnią z trzech serii eksperymentów, każdy wyciąg w 2ch powtórzeniach  $\pm$  SEM.

\*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$ .

Z porównania czułym testem MTT dwóch stopów CoCr, Wironitu extrahard i Wirobondu C wynika, że w ciągu siedmiu dni ilość uwalnianych jonów z próbek stopu fabrycznie nowego, powtórnie topionego i odlewu o różnej proporcji stopu nowego do powtórnie topionego nie była na tyle duża żeby zahamować aktywność dehydrogenaz mitochondrialnych. Natomiast analogicznie przygotowane wyciągi odlewów Wirobondu C wykazały większą o około 10% cytotoksyczność bez względu na to czy były przygotowane ze stopu fabrycznie nowego, czy ze stopu powtórnie topionego. Inne wyniki cytotoksyczności Wirobondu C powtórnie topionego w teście MTT uzyskali Al-Hiysat i Darmani (12). Wyniki tych autorów wskazują, że powtórnie topiony Wirobond C hamuje aktywność enzyma-



Ryc. 3. Cytotoksyczność odlewów wykonanych z testowanych stopów CoCr Wironit extrahard i Wirobond C w różnej proporcji stopu fabrycznie nowego i powtórnie topionego: (A) 70% stopu nowego i 30% stopu powtórnie topionego, (B) 30% stopu nowego i 70% stopu powtórnie topionego na fibroblasty dziąsła ludzkiego w wyciągach 1-, 3-, 5- i 7-dniowych przygotowanych w standardowej pożywce DMEM z 1% dodatkiem antybiotyków. Wyniki są średnią z trzech serii eksperymentów, każdy wyciąg w 2ch powtórzeniach  $\pm$  SEM.

\*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$ .

tyczną mitochondriów mysich fibroblastów o około 50%. Jednak test MTT został w tym doświadczeniu wykonany nie w wyciągach stopu, ale przy bezpośrednim kontakcie stopu z badanymi komórkami. Najprawdopodobniej osiągnięcie miejscowo wyższego stężenia jonów uwalnianych ze stopu Wirobondu C i/lub różnice gatunkowe czynności fibroblastów mysich i ludzkich są przyczyną rozbieżności naszych wyników oraz wyników uzyskanych przez Al-Hiysat i Darmani.

W stomatologii częstym problemem jest miejscowa toksyczność protez wykonanych z metali i ich stopów. U jednego na 300 leczonych proteztycznie pacjentów obserwuje się wystąpienie skutków ubocznych stopów metali (13). Szkodliwość metali pozostających w kontakcie z komórkami

zależy od rodzaju jonów i ich stężenia będącego wynikiem uwalniania ich do roztworów wodnych. Dowiedziono, że cytotoksyczność metali zależy z kolei od ich położenia w układzie okresowym pierwiastków. I tak metale, których produkty korozji wykazują dużą rozpuszczalność (nie ulegają pasywacji), takie jak miedź, cynk, kadm, rtęć, arsen, są silnie toksyczne. Natomiast metale pasywujące się, takie jak glin, platyna i złoto cechuje nieznaczna cytotoksyczność (14). Wśród stopów metali nieszlachetnych wykazano kancerogenne działanie jonów chromu(VI) i prawdopodobne kancerogenne działanie kobaltu (15,16). Potwierdzono takie działanie tych jonów w badaniach klinicznych u techników dentystycznych pozostających w częstym kontakcie z materiałami dentystycznymi wykonanymi ze stopów metali nieszlachetnych (17). Choć badaliśmy zmian genetycznych w fibroblastach, to możemy jednak przypuszczać, że stężenie jonów chromu i kobaltu uzyskane w przemywanych próbkach CoCr była zbyt niska na uwidocznienie toksycznego efektu na fibroblasty dziąsła.

Wśród stopów metali nieszlachetnych stosowanych w protetyce stomatologicznej, stopy CoCr cechuje większe uwalnianie podstawowych jonów metali (6) i większa szkodliwość na strukturę komórek dziąsła (18) niż stopy metali szlachetnych (19). Mimo to w porównywalnym do naszego czasu badania cytotoksyczności przy użyciu błękitu trypanu, jony chromu zmniejszyły przeżywalność fibroblastów tylko o ok. 20% (20). Można więc wnioskować, że cytotoksyczność stopów CoCr na fibroblasty dziąsła człowieka w krótkim czasie jest niewielka.

Powtórne topienie stopów protetycznych powoduje zmiany w ich składzie chemicznym, w ich strukturze krystalicznej i właściwościach mechanicznych (21, 22). Są też doniesienia o zmniejszeniu ich odporności na korozję (23,2). Zwiększenie w odlewie udziału metalu już raz odlanego zwiększa ilość uwalnianych do roztworów jonów metali. Jednak ilość uwalnianych jonów zależy od rodzaju stopu. Nie obserwowano bowiem istotnego wzrostu uwalniania jonów złota ze stopu metalu szlachetnego (24), ale stwierdzono zwiększenie uwalniania jonów kobaltu i molibdenu z odlewów wraz ze wzrostem zawartości w stopie metalu powtórnie topionego (25).

Obecne badania wykazały, że w ciągu siedmiu dni stopy CoCr mają niewielki stopień cytotoksyczności na fibroblasty dziąsła ludzkiego w teście MTT. Procentowy udział stopów CoCr powtórnie topionych nie miał wpływu na zmiany cytotoksyczności w badanych okresach uzyskiwania wyciągu. Stwierdzone różnice w cytotoksyczności eluatów ze stopów Wironit extrahard i Wirobond C mogły być spowodowane różnicami jakościowymi i ilościowymi uwalnianych z tych stopów jonów. Jednakże bez pomiaru stężenia tych jonów w eluatach nie możemy jednoznacznie określić, który z jonów badanych odlewów stopów występował w większym stężeniu.

## Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że powtórne topienie stopu Wironit extrahard i Wirobond C nie wpływa na tempo przemian oksydacyjno-redukcyjnych w fibroblastach dziąsła w ciągu siedmiu dni. Natomiast fabrycznie nowy Wirobond C, powtórnie przetopiony oraz odlewy wykonane w różnej proporcji stopu fabrycznie nowego do stopu powtórnie topionego mają o około 10% bardziej cytotoksyczne działanie na fibroblasty niż analogicznie wykonane odlewy z Wironitu extrahard.

## Piśmiennictwo

1. *Wataha J. C.*: Alloys for prosthodontic restorations. *J. Prosthet. Dent.*, 2002, 87, 351-363.
2. *Khamis E., Seddik M.*: Corrosion evaluation of re-casting non-precious dental alloys. *Int. Dent. J.*, 1995, 45, 3, 209-217
3. Karty charakterystyki: Material Safety Data Sheet (91/155/EWG) Wironit® extra hard, Material Safety Data Sheet (91/155/EWG) Wirobond® C, Bego, Niemcy
4. *Mezger P. R., Vrijhoef M. M., Newman S. M., Greener E. H.*: The corrosion resistance of a new cobalt-chromium-molybdenum-ceramic alloy. *J. Oral. Rehabil.*, 1988, 15, 421-428.
5. *Rylska D., Domarecka M., Sokołowski J.*: Charakterystyka powłok SiC na stopie dentystycznym Wironit i jej wpływ na własności korozyjne w środowisku roztworu fizjologicznego NaCl. *Inż.*

- Mater., 2009, 1, 1-4.
6. *Nives Rincic N., Celebić A., Baucić I., Stipetić J., Prohić E., Miko S.*: The Release of Ions from the Base Co-Cr-Mo Casting Alloy in vitro into the Phosphate Buffer at pH 6.0. *Acta Stomat. Croat.*, 2003, 37, 13-16.
  7. *Hornez J. C., Lefèvre A., Joly D., Hildebrand H. F.*: Multiple parameter cytotoxicity index on dental alloys and pure metals. *Biomol. Eng.*, 2002, 19, 2-6, 103-117.
  8. *Sokolowski J., Rylska D., Pers M., Klimek L.*: Wpływ powłoki Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, nanoszonej metodą zol-żel, na odporność korozyjną stopu Wirobond C. *PROT. STOM.*, 2005, LV, 268-373.
  9. *Cunningham D. M.*: Comparison of base metal alloys and type IV gold alloys for removable partial denture frameworks. *Dent. Clin. North. Am.*, 1973, 17, 719-722.
  10. *Łukomska-Szymańska M., Szykowska M. I., Sokolowski K., Sokolowski J.*: Ocena wybranych właściwości odlewów wykonanych ze stopów CoCr z udziałem metalu powtórnie topionego. *Materiały zjazdowe: „Biomateriały i mechanika w stomatologii” X Konferencja, Ustroń 2010*
  11. *Saczko, M. Dominiak, J. Kulbacka, A. Chwilkowska, H. Krawczykowska*: A simple and established method of tissue culture of human gingival fibroblasts for gingival augmentation *Folia Histochem. Cytobiol.*, 2008, 46, 117-119.
  12. *Al-Hiyasat A S, Darmani H.*: The effects of recasting on the cytotoxicity of base metal alloys. *J. Prosthet. Dent.*, 2005, 93, 158-163.
  13. *Hensten-Pettersen A.*: Casting alloys: side-effects. *Adv. Dent. Res.*, 1992, 6, 38-43.
  14. *Klotzer W.*: Biologische Aspekte der Korrosion. *Dtsch. Zahnärztl. Z.*, 1985, 40, 1141-1145.
  15. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans, Chromium, Nickel and Welding*, vol. 49, International Agency for Research on Cancer, Lyon, France, 1990.
  16. *IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Humans, Chlorinated Drinking Water, Chlorination By-Products, Some Other Halogenated Compounds, Cobalt and Cobalt Compounds*, vol. 52, International Agency for Research on Cancer, Lyon, France, 1991.
  17. *Burgaz S., Demircigil G. C., Yilmazer M., Ertas N., Kemaloglu Y., Burgaz Y.*: Assessment of cytogenetic damage in lymphocytes and in exfoliated nasal cells of dental laboratory technicians exposed to chromium, cobalt, and nickel. *Mutat Res.*, 2002, 521: 47-56.
  18. *Kedici P., Memikoglu M., Kansu G., Isimer A., Guanhan O.*: Case report: Ionisation tendency of a base metal alloy in the oral environment. *Eur. J. Postodont. Restor. Dent.*, 1995, 3, 5: 231-234.
  19. *Kansu G., Aydin A.*: Evaluation of the biocompatibility of various dental alloys: Part I – Toxic potentials. *Eur. J. Prosthodont. Restor. Dent.*, 1996, 4, 129-136.
  20. *Elshahawy W. M., Watanabe I., Kramer Ph.*: In vitro cytotoxicity evaluation of elemental ions released from different prosthodontic materials. *Dent. Mater.*, 2009, 25, 1551-1555.
  21. *Issac L., Bhat S.*: Effect of re-using nickel-chromium alloy on its ultimate tensile strength, yield strength and modulus of elasticity. *Indian. J. Dent. Res.*, 1998, 9, 1, 13-17.
  22. *Reisbick M. H., Brantley W. A.*: Mechanical property and microstructural variations for recast low-gold alloy. *Int. J. Prosthodont.*, 1995, 8, 4, 346-350.
  23. *Klimek L., Rylska D., Sokolowski J.*: The Influence of Quality of Dental Alloys Used for Cast Prosthetic Completions on Their Corrosion Resistance. *Annales of Transplantation*. 2004. 9. 1A. Suppl. 109-112.
  24. *Ozdemir S., Arikan A.*: Effects of recasting on the amount of corrosion products released from two Ni-Cr base metal alloys. *Eur. J. Prosthodont. Restor. Dent.*, 1998, 6, 4, 149-153.
  25. *Szykowska M. I., Sokolowski J., Rogowski J., Nagrodzka A., Leśniewska E., Albińska J., Pawlaczyk A.*: Badania odporności korozyjnej stopów metali stosowanych w protetyce stomatologicznej za pomocą metod ICP-TOF-MS, TOF-SIMS i AAS. *Przemysł Chemiczny 2010*, 89, 4, 558-563.
- Zaakceptowano do druku: 18.X.2011 r.  
Adres autorów: 92-215 Łódź, ul. Mazowiecka 6/8.  
© Zarząd Główny PTS 2012.