

dr n. med. Monika Paul-Samojedny

Katedra i Zakład Genetyki Medycznej, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
Kierownik Katedry: prof. dr hab. n. med. Jan Kowalski

Zastosowanie w dermatologii preparatów zawierających srebro

Srebro, dzięki swoim przeciwbakteryjnym (szerokie spektrum działania, obejmujące bakterie Gram-dodatnie i Gram-ujemne, tlenowe i beztlenowe)^[1], przeciwgrzybiczym i przeciwwirusowym właściwościom, jest szeroko stosowane w dermatologii. Stanowi m.in. dodatek do kosmetyków przeznaczonych dla osób mających problemy ze skórą, np. łojotokowe zapalenie skóry, trądzik, zapalenie mieszków włosowych, grzybica stóp i paznokci.

Wiadomo, że kationy Ag^+ oddziałują elektrostatycznie z komórkami bakterii, posiadającymi ładunek ujemny^[2]. Główne miejsce oddziaływania stanowią białka strukturalne i enzymatyczne, fundamentalne dla prawidłowego funkcjonowania mikroorganizmu^[3]. Srebro ma zdolność silnego wiązania się z aminokwasami poprzez grupy tiolowe (-SH), aminowe (-NH₂), karboksylowe (-COOH), imidazolowe (-C₃H₄N₂) i fosforanowe (-PO₄)^[4], co w konsekwencji prowadzi do denaturacji białek i utraty przez nie aktywności biologicznej^[5]. Srebro wykazuje również zdolność reagowania z kwasami nukleinowymi^[6], interkalując do DNA i przyczyniając się do zahamowania procesu replikacji^[3,6-8].

Jony srebra, oprócz hamowania stanu zapalnego, wspomagają również tworzenie się tkanki nabłonkowej oraz przyspieszają

proces gojenia się ran – stąd srebro znalazło zastosowanie także przy produkcji opatrunków^[9]. Na rynku dostępne są produkty opatrunkowe, które łączą w sobie właściwości bakteriobójcze z niską cytotoksycznością w stosunku do tkanek gospodarza. Ponadto potwierdzono, że srebro wspomaga także proces tworzenia się w tkance nabłonkowej metalotioneiny^[10] – białka odgrywającego ważną rolę w odtruwaniu organizmu z metali ciężkich (np. kadmu, rtęci) i wspomagającego gojenie się ran. Na rynku dostępne są różne postaci srebra – sole srebra, srebro koloidowe, mikronizowane i nanosrebro.

Sole srebra

Jeszcze do niedawna powszechnie wykorzystywaną postacią srebra, stosowaną w medycynie i farmacji, były azotan srebra

i sulfadiazyny srebra (inne sole: CuSO_4 , AgCl , cytrynian srebra) – związki, będące źródłem jonów Ag^+ i wykazujące działanie przeciwdrobnoustrojowe. Sole srebra znalazły zastosowanie w produkcji kropli do oczu, opatrunków, a także jako środki konserwujące w kosmetykach, dezodorantach. Sole srebra charakteryzują się jednak krótkoterminową skutecznością antybakteryjną, spowodowaną szybkim kompleksowaniem jonów. Rozpowszechnioną obecnie formą tego metalu są nanocząstki srebra, głównie jako srebro koloidowe.

Srebro koloidowe

Srebro koloidowe (inaczej kolargol) to naładowane dodatnio cząstki srebra zawieszone w wodzie. Jest to zawiesina zdemineralizowanej wody i czystego srebra metalicznego. Cząstki srebra koloidalnego są zbudowane z 103-106 atomów srebra, mają z reguły rozmiar od 10 do 100 nm i są widoczne w wodzie w postaci złotawej lub srebrnej poświaty. W przypadku srebra koloidalnego, dzięki maksymalnemu rozdrobnieniu cząstek, zwiększa się całkowita powierzchnia substancji, co zapewnia wzmocnienie jego aktywności biologicznej i ułatwia wnikanie do organizmu. Może być stosowane zarówno wewnętrznie (jako środek do podania doustnego lub płyn irygacyjny), jak i zewnętrznie (do miejscowej aplikacji na skórę, opatrzywania otwartych i zainfekowanych ran oraz kąpieli w przypadku grzybicy paznokci lub zapalenia łożyska paznokcia)^[11]. Srebro koloidalne jest bowiem skutecznym, naturalnym środkiem antybakteryjnym i grzybobójczym – wykazuje działanie bakteriobójcze względem ponad 650 różnych bakterii.

Do stosowania zewnętrznego najczęściej zaleca się używanie nanosrebra koloidalnego, które można wykorzystać do przemywania w różnego typu schorzeniach skórnych, a także do leczenia trudno gojących się ran

bezpośrednio przy pomocy rozpylacza, okładów czy wacików nasączonych koloidem. Nanosrebro koloidalne stosowane zewnętrznie jest również skuteczne w leczeniu zadrapań i skaleczeń, trądziku, wysypki i wyprysków, oparzeń (w tym również słonecznych), zapalenia skóry, łuszczycy, opryszczki, ospy wietrznej i ukąszeń owadów. Stanowi również dobrą alternatywę dla alergików (jest bezwonne i czyste chemicznie), w przypadku których kremy stosowane w leczeniu trądziku lub maści na ukąszenia owadów mogą wywołać dodatkową reakcję alergiczną.

Na rynku dostępna jest cała gama kosmetyków na bazie srebra koloidalnego, takich jak dezodoranty, kremy, mleczka, toniki czy żele do golenia^[11].

Srebro mikronizowane

Inna postać srebra – mikronizowane srebro metaliczne (średnia wielkość cząstek: 10 μm , powierzchnia do 5 m^2/g , wysoka czystość) – posiada także właściwości przeciwbakteryjne i przeciwzapalne. Może zostać wykorzystane w leczeniu stanów zapalnych i podrażnień, również w przypadku skóry atopowej czy ran na skórze u chorych z cukrzycą. Jest wyjątkowo dobrze tolerowane przez skórę, nie wywołuje skutków ubocznych i może być łączone z wieloma innymi składnikami. Wspomaga naturalny proces gojenia się skóry, łagodzi podrażnienia i zaczerwienienia, zapobiega występowaniu stanów zapalnych skóry wywołanych przez szkodliwe mikroorganizmy, a także działa przeciwświądowo i regenerująco względem naturalnej flory skóry [[http:// www.bioepiderm.de](http://www.bioepiderm.de)]. Jest wykorzystywane jako składnik dezodorantów, preparatów przeciwtrądzikowych, kosmetyków do skóry atopowej i łuszczącej się, kosmetyków dla chorych na cukrzycę, szamponów przeciwłupieżowych, produktów do pielęgnacji stóp, a także w dezynfekujących kosmetykach detergentowych.

Warto zaznaczyć, że preparaty zawierające srebro mikronizowane wpływają na pracę gruczołów łojowych i jednocześnie niszczą większość bakterii, powodujących rozkład wydzieliny łojowej i odpowiedzialnych za wywołanie zapalenia skóry (zapalenie mieszków włosowych, trądzik pospolity). Kremy zawierające srebro mikronizowane regulują wydzielanie łoju i chronią pory skóry przed zablokowaniem, a tym samym umożliwiają jej prawidłowe oddychanie i zapewniają prawidłowy poziom nawilżenia naskórka, regulując także grubość jego warstwy rogowej. Ponadto stymulują proces regeneracji komórek i chronią skórę przed wpływem szkodliwych czynników zewnętrznych, takich jak wiatr, kurz czy niska temperatura.

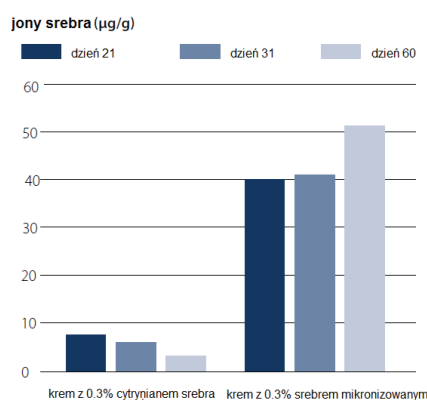
Srebro mikronizowane tworzy na powierzchni naskórka rezerwuár zapewniający długotrwałe uwalnianie jonów Ag⁺ (ryc. 1.). Srebro mikronizowane nie narusza naturalnej flory skóry, a jego działanie jest ograniczone do powierzchni naskórka. Należy podkreślić, że cząsteczki te nie mogą przeniknąć przez skórę ludzką – 99,9% porów skóry ma średnicę < 10 nm, a cząstki srebra mikronizowanego są 1000 razy większe niż 10 nm. Właściwość ta jest istotna z uwagi na możliwość kumulowania się srebra w tkankach i występowania związanych z nim działań niepożądanych. Dzięki wymienionym właściwościom zaleca się stosowanie srebra mikronizowanego w przypadku atopowego zapalenia skóry, w przypadku, którego niemożliwe jest stosowanie soli srebra, czy nanosrebra. Wykazano ponadto, że srebro mikronizowane posiada zdolność redukcji bakterii oportunistycznych, takich jak *Staphylococcus aureus*.

Wysoką skuteczność srebra mikronizowanego potwierdzono m.in. w badaniu z wykorzystaniem kremu z 0,1% MICROSILVER BG™, którym objęto 20 pacjentów cierpiących na atopowe zapalenie skóry oraz w badaniu z zastosowaniem emulsji na-

wilżającej z 0,2% MICROSILVER BG™, którym objęto 24 pacjentów, cierpiących także na atopowe zapalenie skóry. Ponadto oceniano skuteczność kremu zawierającego 0,2% MICROSILVER BG™ w leczeniu trądziku. W trwającym 12 tygodni badaniu klinicznym wzięło udział 30 pacjentów, cierpiących na trądzik grudkowo-krostkowy. Zaobserwowano znaczącą poprawę dzięki stosowaniu wymienionego preparatu (grudki: 61,3% poprawy; krostki: 43,3% poprawy) [http://www.impag.ch/.../MicroSilver_Productkatalog_2014...MicroSilver_Productkatalog_2014_web.pdf].

Nanosrebro

Dotychczasowe wykorzystywanie srebra koloidalnego w kosmetykach nie zawsze pozwalało na spełnienie oczekiwań względem tego składnika kosmetycznego z uwagi na jego stabilność i trwałość. Dzięki zastosowaniu srebra metalicznego, niejonowego, pod postacią nanocząsteczek, udało się uzyskać pożądane właściwości srebra jako środka aktywnego w kosmetykach. Wyniki badań naukowych stanowią potwierdzenie bezpieczeństwa stosowania nanosrebra w kosme-



Ryc. 1. Zmiana stężenia jonów srebra w czasie w przypadku stosowania kremu z 0,3% azotanem srebra i 0,3% srebrem mikronizowanym. Zmodyfikowano w oparciu o źródło^[17].

aesthetica

tykach jako środka bakteriostatycznego, bakteriobójczego, i antyseptycznego^[12, 13]. Ponadto dzięki dużej skuteczności działania nawet przy niskich stężeniach oraz niełatwemu przenikaniu przez barierę skóry, nanocząstki srebra mogą stanowić dobry składnik konserwujący w kosmetykach^[12].

Bakteriobójcze działanie srebra jest związane z jego oddziaływaniem z grupami tiolowymi obecnymi w ścianie komórkowej bakterii, zwiększaniem przepuszczalności błony komórkowej, zaburzeniami gospodarki jonowej oraz działaniem uszkadzającym względem DNA. Ponadto srebro warunkuje gromadzenie się wewnątrz komórki produktów przemiany materii oraz zahamowanie syntezy białek^[4]. Dzięki takiemu wielokierunkowemu działaniu, nanocząsteczki srebra warunkują śmierć komórek bakteryjnych poprzez oddziaływanie na łańcuch oddechowy, oddziaływanie z peptydoglikanami i tym samym hamowanie oddychania. Z kolei w przypadku grzybów dochodzi do zaburzenia gospodarki wodnej i tym samym negatywnego oddziaływania na procesy rozmnażania. Nanosrebro wykazuje także silne działanie przeciwwirusowe, przeciwdziała stanom zapalnym skóry, przyspiesza gojenie się ran i oparzeń, ułatwia leczenie trądziku i łojotokowego zapalenia skóry, przedłuża trwałość produktów oraz zapobiega skażeniom pierwotnym i wtórnym kosmetyków. Istotnym jest, że nie podrażnia skóry i może być stosowane przez alergików.

Nanocząsteczki srebra mają średnicę nieprzekraczającą 100 nm i są zbudowane z około 20 atomów do 15 000 atomów^[15, 16]. Dzięki dużemu stosunkowi powierzchni aktywnej do objętości posiadają wyjątkowe właściwości fizyko-chemiczne, warunkujące uzyskanie efektywnego działania przeciwdrobnoustrojowego przy stosowaniu bardzo małych stężeń srebra. Wykorzystywane są w różnych postaciach nanocząsteczek srebra – sfery, rurki i płytki. Zaobserwowano, że najlepszą

aktywnością charakteryzują się cząsteczki w kształcie trójkątnym lub w postaci płytek dzięki większej powierzchni aktywnej^[17, 18].

Nanocząstki srebra pod względem budowy chemicznej to srebro metaliczne (Ag₀) o średnicy 1-100 nm, co istotnie sprzyja jego przeciwbakteryjnemu działaniu. Nanosrebro posiada szerokie spektrum właściwości: bakteriostatyczne (składnik bezpieczniejszy niż azotan srebra), grzybobójcze i przeciwwirusowe^[19-21]. Dotychczas udokumentowane zostało skuteczne działanie srebra przeciwko takim bakteriom: *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *A. baumani*, *E. faecalis*, *S. epidermidis*, *C. albicans*^[14, 18, 22]. Nanocząsteczki srebra wykazują zdolność upośledzania aktywności enzymu wykorzystywanego przez drobnoustroje do przyswajania tlenu, warunkując śmierć mikroorganizmów w ciągu około sześciu minut po bezpośrednim kontakcie z nimi. Mikroorganizmy chorobotwórcze nie są zdolne do wypracowania odporności na srebro nanokoloidowe.

Potwierdzono lepszą efektywność nanocząsteczek srebra w porównaniu do powszechnie stosowanych związków srebra. Nanosrebro jest skutecznie wykorzystywane jako składnik preparatów kosmetycznych w celu poprawy ich jakości i trwałości, wykazując działanie konserwujące, usuwające nieprzyjemne zapachy (składnik dezodorantów), przeciwgrzybicze (składnik w produktach przeciwłupieżowych) oraz hamujące rozwój roztoczy, co z kolei może zostać wykorzystane w zmniejszeniu objawów astmy oraz alergii skóry^[23].

Nanosrebro jest stosowane nie tylko jako komponent przy produkcji kosmetyków w celu zwiększenia ich właściwości bakterio- i grzybobójczych. Używane jest także przy produkcji kremów, żeli i toników antibakteryjnych, płynów i żeli do kąpieli i po goleniu (wspomaga ochronę naskórka przed działaniem bakterii, zapobiega powstawaniu podrażnień i czerwonych wykwitów na skórze, nie piecze i nie

wysusza skóry), antyperspirantów (skutecznie zapobiega rozwojowi bakterii pod pachami i umożliwia utrzymanie świeżości, zabezpieczając przed powstawaniem przykrego zapachu), płynów do pielęgnacji stóp (zapobiega powstawaniu nieprzyjemnego zapachu stóp, wywołanego obecnością bakterii i grzybów), płynów na potówki (zapobiega powstawaniu zakażeń przy potówkach), szamponów do włosów, płynów do płukania jamy ustnej, wód kolońskich i toaletowych, chusteczek antybakteryjnych, do demakijażu, czy do higieny intymnej, a także kosmetyków przeciwtrądzikowych (nanocząstki srebra warunkują redukcję zmian trądzikowych i zapobiegają powstawaniu nowych, zapobiegają tworzeniu się zaskórników, przyspieszają gojenie ran) [<http://www.swit.com.pl/index.php/pl/produkty/switpharma/kosmetyki/acne-line.html>]^[24, 25].

Na rynku dostępne są na przykład opatrunki do zaopatrywania ran oparzeniowych, zawierające nanosrebro (Acticoat, Actisorb Plus), które charakteryzują się dłuższym działaniem przeciwbakteryjnym i lepszą penetracją w głąb martwiczych tkanek w porównaniu do tradycyjnych związków srebra. Wyniki badań przeprowadzonych w latach 2005-2006 w Centrum Leczenia Oparzeń w Siemianowicach Śląskich z udziałem 45 pacjentów wskazują na ponad 50% redukcję flory bakteryjnej izolowanej z rany, bez względu na etap jej gojenia. Zaobserwowano, że wśród wyeliminowanych szczepów znajdowały się *P. aeruginosa* oraz *A. baumani*, a więc bakterie odpowiedzialne za rozwój posocznicy^[26, 27]. Preparaty zawierające nanosrebro mogą być także wykorzystywane do zaopatrywania ran, powstających w przebiegu zespołu Stevensa Jonsona czy toksycznej nekrolizie naskórka.

Należy jednak zaznaczyć, że nanocząstki mogą przenikać przez skórę, a także być wchłaniane przez płuca i jelita, a następnie dostawać się do krwiobiegu i w ten sposób docierać do narządów wewnętrznych (wątroby, nerek, śledziony, mózgu, serca i jąder). W ba-

daniu przeprowadzonym na świniach zaobserwowano, że po 14-dniowej aplikacji zawiesiny nanocząstek srebra (20 nm i 50 nm) na skórę świń nanocząstki były obecne jedynie w warstwie rogowej naskórka^[28]. Z kolei w eksperymentach prowadzonych na świnkach morskich narażonych na działanie roztworu nanosrebra (stężenie 100 µg/ml, 1000 µg/ml i 10 000 µg/ml) przez 5 dni w tygodniu w ciągu kolejnych 13 tygodni, zaobserwowano objawy świadczące o wchłanianiu się nanocząstek srebra przez skórę. Oceniono zawartość srebra w poszczególnych tkankach i stwierdzono jego największe stężenie w nerkach, a następnie kolejno w tkance mięśniowej, kostnej, skórze, wątrobie, sercu i śledzionie^[29]. Również w innym badaniu – u szczurów, którym nanocząstki srebra (20 lub 80 nm) podawano dożylnie przez 5 kolejnych dni, cząstki wykryto w płucach, wątrobie i śledzionie^[30]. Podobnie w eksperymencie przeprowadzonym na myszach, u których stosowano nanocząstki o średnicy 12 nm, wykazano obecność srebra w śledzionie i wątrobie^[31]. Badania dotyczące wchłaniania nanocząstek srebra przez skórę nie są jednoznaczne. Wiadomo, że nanocząstki srebra mogą działać drażniąco na skórę i powodować występowanie zmian nie tylko w jej obrębie, ale także w wątrobie, śledzionie, tkance mięśniowej i kostnej, sercu oraz mózgu^[32].

Podsumowanie

Jedną z najcenniejszych zalet preparatów zawierających srebro jest ich zdolność do głębokiego nawilżania oraz właściwości bakteriobójcze, wiruso- i grzybobójcze. Kremy, które zawierają srebro poleca się szczególnie osobom z cerą mieszaną i skłonną do przetłuszczania się. Kosmetyki zawierające srebro są odpowiednie także dla kobiet z problemem zmęczenia wzroku, ponieważ uelastyczniają, nawilżają i likwidują obrzęki delikatnej skóry wokół oczu. Preparaty do codziennej pielęgnacji

gnacji posiadające w składzie srebro zapewniają dokładne oczyszczanie skóry twarzy z nadmiaru wydzieliny łojowej, kurzu i brudu. Z kolei tonik wzbogacony drobkami srebra warunkuje poprawę elastyczności skóry twarzy, łagodzi podrażnienia i przywraca jej prawidłowe pH. Na rynku dostępne są także preparaty do pielęgnacji stóp zawierające srebro, które zapobiegają nadmiernej potliwości, neutralizują przykry zapach i dodatkowo chronią skórę pięt przed wysuszeniem i pękaniem. Srebro jest także stosowane w produkcji opatrunków. Wśród schorzeń skóry podatnych na terapię z wykorzystaniem kosmetyków opartych na bazie srebra można wymienić: atopowe zapalenie skóry, brodawki powodowane przez HPV, ciemniuchę, czyraki, egzemę, grzybicę skóry, liszajec, łupież tłusty, łuszczycę, różnego typu oparzenia i odmrożenia, odleżyny, owrzodzenia, opryszczkę pospolitą, półpaśiec, pokrzywkę, różę przyranną, świąd, trądzik, zgorzel, ropne infekcje skóry, rany ciężte i otarcia oraz ukąszenia lub ukłucia owadów^[11, 33].

Piśmiennictwo:

- Sagripani J. L. Metal based formulation with high microbial activity. *Apel. Environ. Microbiol.* 1992; 58:3157-3162.
- Atiyeh B., Costagliola M., Hayek S., Dibo S. A. Effect of silver on burn wound infection control and healing: Review of the literature. *Burns* 2007; 33: 139-148.
- Covington L. G. Engineering out the risk of infection with urinary catheters. *Infection Control Resource* 2006; 3:200-211.
- Russel A. D., Hugo W. B. Antimicrobial activity and action of silver. *Prog. Med. Chem.* 1994; 31:351-370.
- Percival S. L., Bowler P. G., Russel D. Bacterial resistance to silver in wound care. *J. Hosp. Infect.* 2005; 60:1-7.
- Schierholz J. M., Lucas L. J., Rump A., Pulverer G. Efficacy of silver-coated medical devices. *J. Hosp. Infect.* 1998; 40:257-262.
- Hamilton-Miller J. M. T., Shah S. A microbiological assessment of silver fusidate, a novel topical antimicrobial agent. *Int. J. Antimicrob. Agents* 1996; 7:97-99.
- Samuel U., Guggenbichler J. P. Prevention of catheter-related infection: the potential of a new nano-silver impregnated catheter. *Int. J. Antimicrob. Agents* 2004; 23S1:75-78.
- Lo S.F., Chang C.J., Hu W.Y., Hayter M., Chang Y.T.: The effectiveness of silver-releasing dressings in the management of non-healing chronic wounds: a meta-analysis. *J Clin Nurs* 2009; 18(5):716-728.
- Lansdown AB. Silver in health care: antimicrobial effects and safety in use. *Current Problems in Dermatology* 2006; 33:17-34.
- Kühni W., Holst W. Srebro koloidalne jako lek. *Zdrowie antybiotyk*, Wydawnictwo PURANA, 2011.
- Kokura S., Handa O., Takagi T., Ishikawa T., Naito Y., Yoshikawa T. Silver nanoparticles as a safe preservative for use in cosmetics. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine* 2010; 570-574.
- Kim, J.S., Kuk, E., Yu, K.N., Kim, J-H., Park, S.J., Lee, H.J., Kim, S.H., Park, Y.K., Park, Y.H., Hwang, C-Y., Kim, Y-K., Lee, Y-S., Jeong, D.H., Cho, M-H. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 2007; 3:95-101.
- Gawlik J, Krawiecki M, Nowak M: Ocena zastosowania opatrunków z nanokrystalicznym srebrem w zapobieganiu miejscowej infekcji rany oparzeniowej. *Zakażenia* 2007; 3:97-103.
- Chen X, Schluessener HJ: Nanosilver: A nanoparticle in medical application. *Toxicology Letters* 2008; 176:1-12.
- Wijnhoven SWP., Peijnenburg WJGM., Herbersts CA. Nanosilver: a review of available data and knowledge gaps in human and environmental risk assessment. *Nanotoxicology* 2009; 3(2):109-138.
- Wiley B., Sun Y., Mayers B., Xia Y. Shape-Controlled Synthesis of Metal Nanostructures: The Case of Silver. *Chemistry* 2005; 7,11(2):454-463.
- Sadeghi B., Garmaroudi F.S., Hashemi M. Comparison of the anti-bacterial activity on the nanosilver shapes: Nanoparticles, nanorods and nanoplates. *Advanced Powder Technology* 2012; 23:22-26.
- Oleszkiewicz A., Korzekwa K., Bugia-Płoskońska G. Nanocząsteczki w biologii i medycynie. *Laboratorium Medyczne* 2008; 5:30-33.
- Cho K.H., Park J.E., Osaka T., Park S.G. The study of antimicrobial activity and preservative effects of nanosilver ingredient. *Electrochimica Acta* 2005; 51:956-960.
- Monteiro DR., Gorup L.F., Silva S. Silver colloidal nanoparticles: antifungal effect against adhered cells and biofilms of *Candida albicans* and *Candida glabrata*. *Biofouling* 2011; 27(7):711-719.
- Petica A., Gavrilu S., Lungu M. Colloidal silver solutions with antimicrobial properties. *Materials Science and Engineering: B* 2008; 152:22-27.
- Lipiak D. Kosmeceutyki. *Świat przemysłu kosmetycznego* 3/2011.
- Wosicka H., Lulek J. Stale nanocząsteczki lipidowe i nanostrukturalne nośniki lipidowe w nowoczesnych kosmetykach. *Pol. J. Cosmetol.* 2009; 12:23.
- Szlecht A., Schroeder G. Zastosowanie nanotechnologii w kosmetologii, w: Schroeder, G. (red.), *Nanotechnologia, Kosmetyki, Chemia Supramolekularna*, Wydawnictwo Curtisiwa, 2010:7-33.
- Moimen NS., Shale E., Drysdale KJ. Acticoat dressings and major burns: Systemic silver absorption. *Burns* 2011; 37:27-35.
- Yang JY., Huang CY., Chuang SS., Chen CC. Case report: A clinical experience of treating exfoliative wounds using nanocrystalline silver-containing dressings (Acticoat). *Burns* 2007; 33:793-797.
- Samberg M.E., Oldenburg S.J., Monteiro-Riviere N.A.: Evaluation of silver nanoparticle toxicity in skin in vivo and keratinocytes in vitro. *Environ. Health Perspect.* 2010; 118(3):407-413. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.0901398>.
- Korani M., Rezaayat S.M., Arbabi Bidgoli S.: Sub-chronic dermal toxicity of silver nanoparticles in guinea pig: Special emphasis to heart, bone and kidney toxicities. *Iran J. Pharm. Res.* 2013; 12(3):511-519.
- Lankveld D.P.K., Oomen A.G., Krystek P., Neigh A., Troost-de Jong A., Noorlander C.W. i wsp.: The kinetics of the tissue distribution of silver nanoparticles of different sizes. *Biomaterials* 2010; 31(32):8350-8361, <http://dx.doi.org/10.1016/j.biomaterials.2010.07.045>.
- Chrastina A., Schnitzer J.E.: Iodine-125 radiolabeling of silver nanoparticles for in vivo SPECT imaging. *Int. J. Nanomedicine* 2010; 5:653-659.
- Świdwińska-Gajewska A.M. Nanosrebro - szkodliwe skutki działania biologicznego. *Medycyna Pracy* 2014; 65(6):831-845.
- Pies J. Srebro koloidalne. *Rewolucja w leczeniu*. Wydawnictwo Studio Astropsychologii, 2011.