

Porównanie mikrotopografii i profilometrii: dwóch różnych metod oceny nierówności powierzchni skóry

mgr inż. Małgorzata Szubert*, dr n. med. Carmen Vincent*,
dr n. farm. Katarzyna Rogiewicz*, dr n. farm. Irena Eris*,
mgr inż. Joanna Piotrowska**, dr inż. Michał Wieczorowski**

*Centrum Naukowo-Badawcze Dr Irena Eris

Kierownik Działu Badawczo-Rozwojowego: dr n. farm. Katarzyna Rogiewicz

**Instytut Metrologii i Systemów Pomiarowych Politechniki Poznańskiej

kierownik: prof. dr inż. Jan Chajda

Wstęp

Podczas całego życia skóra człowieka ulega procesowi starzenia się – zmienia się jej struktura, zmniejsza odporność na czynniki zewnętrzne, staje się mniej elastyczna, słabiej uwodniona, a na jej powierzchni pojawiają się zmarszczki i zmiany pigmentacyjne. Proces ten spowodowany jest nie tylko chronologicznym starzeniem się organizmu, ale głównie czynnikami środowiskowymi, np. promieniowaniem ultrafioletowym czy paleniem papierosów, które sprzyja powstawaniu zmarszczek i sprawia, że skóra uzyskuje szary, ziemisty odcień.

Procesu starzenia się skóry nie można odwrócić. Można jednak opóźnić pojawianie się jego objawów poprzez właściwą pielęgnację i stosowanie odpowiednich kosmetyków i kosmeceutyków.

Biorąc pod uwagę coraz większą liczbę i różnorodność znajdujących się na rynku preparatów, należy zastanowić się, czy obietnice ich twórców mogą być rzeczywiście spełnione? Aby nadać produktowi

określenie „nawilżający”, „ujędniający” czy „wygładzający zmarszczki”, producent powinien udowodnić jego sugerowane działanie. Pozwalają na to badania aplikacyjne wykonywane na skórze człowieka (in vivo). W ostatnich latach zostały opracowane różnorodne metody oceny kondycji skóry. Za pomocą specjalistycznej aparatury można określić stopień jej nawilżenia i natłuszczenia, elastyczność i gładkość powierzchni, a także zmierzyć stopień przezskórnej utraty wody (TEWL). Zebrane w ten sposób dane pozwalają na szczegółową ocenę stanu skóry. Poprzez porównanie badanych parametrów skóry przed i po zastosowaniu wybranego preparatu, można poznać jego wpływ na skórę, a tym samym określić skuteczność działania. Badania aplikacyjne wykonywane w trakcie opracowywania receptury pozwalają na jej modyfikację, co wpływa na poprawę jakości gotowego produktu.

W świetle obowiązującej nowej ustawy o kosmetykach (z 23 lipca 2004 roku) producenci, deklarując działanie przeciwzmarszczkowe da-



Ryc. 1
Niefiltrowany profil pierwotny (P).
An filtered origin profile (P).



Ryc. 2
Filtrowany profil chropowatości (R).
Filtered roughness profile (R).



Ryc. 3
Filtrowany profil falistości (W).
Filtered waviness profile (W).

nego produktu, zobowiązani są do posiadania wyników badań potwierdzających, że jego zastosowanie powoduje wygładzenie zmarszczek, czyli zmniejszenie nierówności powierzchni skóry.

Gładkość skóry można ocenić za pomocą kilku różnych metod. Do najczęściej stosowanych należy **badanie mikrotopograficzne**. Metoda oceny powierzchni skóry za pomocą mikrotopografii została opracowana w roku 1997, a następnie była sukcesywnie udoskonalana przez prof. Tronniera z Uniwersytetu w Witten w Niemczech [1-3]. Badania mikrotopograficzne wykonywane są przy użyciu aparatu Visioscan VC 98 (Courage-Khazaka), oceniającego stopień nierówności powierzchni silikonowych odcisków badanego fragmentu skóry, lub – nowszą metodą – z wykorzystaniem mikrotopografii, aparatem Visioscan VC 98 (Courage-Khazaka). Fragment powierzchni skóry (o wymiarach 6x8 mm) jest fotografowany za pomocą wideokamery optycznej o wysokiej rozdzielczości obrazu, wykonującej tzw. mikrozdjęcia, z wykorzystaniem lampy UVA, emitującej jednorodną wiązkę światła. Następnie, za pomocą programu komputerowego SELS 2000, dokonuje się analizy szeregu czynników decydujących o wygładzie powierzchni skóry. Działanie programu oparte jest na graficznym opisie parametrów skóry, a następnie dokonywana jest elektroniczna obróbka obrazu. Topografia powierzchni skóry jest przedstawiona w odcieniach szarości, w pikselach. Analizie poddaje się następujące parametry: stopień wygładzenia skóry (wskaźniki Surface, Variance oraz SEsm), szorstkość naskórka i wielkość złuszczenia z uwzględnieniem stopnia uwodnienia skóry (SEsc, SEr), a także wskaźniki obrazujące stan i ogólną kondycję skóry (Contrast i Energy) oraz liczbę i głębokość zmarszczek (SEw i Volume). „S” (Surface) to

Porównanie mikrotopografii i profilometrii: dwóch różnych metod oceny nierówności powierzchni skóry

STRESZCZENIE

Słowa kluczowe: nierówność powierzchni skóry, badanie mikrotopograficzne, metoda profilometryczna

Wprowadzenie i cel pracy: W ostatnich latach zostały opracowane różnorodne metody oceny kondycji skóry. Praca ta ma na celu porównanie wyników analizy nierówności powierzchni skóry z użyciem dwóch różnych metod pomiarowych: mikrotopografii i profilometrii.

Materiał i metody: Badaniem objęto grupę 42 kobiet w wieku 43-62 lata (średnia wieku $52,2 \pm SD 5,9$) z każdym typem cery dojrzałej. Wszystkie osoby badane przez okres 6 tygodni stosowały na noc, na twarz i szyję, krem pielęgnacyjny o deklarowanym działaniu przeciwzmarszczkowym. Powierzchnię skóry oceniono metodą mikrotopografii, z użyciem aparatu Visioscan VC 98 (Courage-Khazaka Electronic GmbH, Niemcy) oraz metodą profilometryczną, opracowaną przez Instytut Metrologii i Systemów Pomiarowych Politechniki Poznańskiej, z wykorzystaniem aparatu Perthometer S8P (Perthen-Mahr).

Wyniki: Z pomiarów wykonanych metodą profilometryczną wynika, iż powierzchnia skóry u 92% osób regularnie stosujących badany krem uległa wygładzeniu, a zmarszczki zostały spłycone. Natomiast stosując analizę mikrotopograficzną stwierdzono, że u ponad połowy uczestniczek testu zmniejszyła się głębokość, objętość oraz liczba zagłębień skóry. Wyraźne spłycone nierówności występujących na powierzchni skóry zaobserwowano przy użyciu obydwu metod.

Wnioski: Wyniki uzyskane z pomiarów tak metodą mikrotopograficzną, jak i profilometryczną, potwierdzają, że obie wykorzystane techniki w dobrym stopniu służą badaniu nierówności powierzchni skóry.

Comparison of microtopography and profilometry: two methods of the skin surface analysis

SUMMARY

Key words: skin surface unevenness, microtopographic analysis, profilometric method

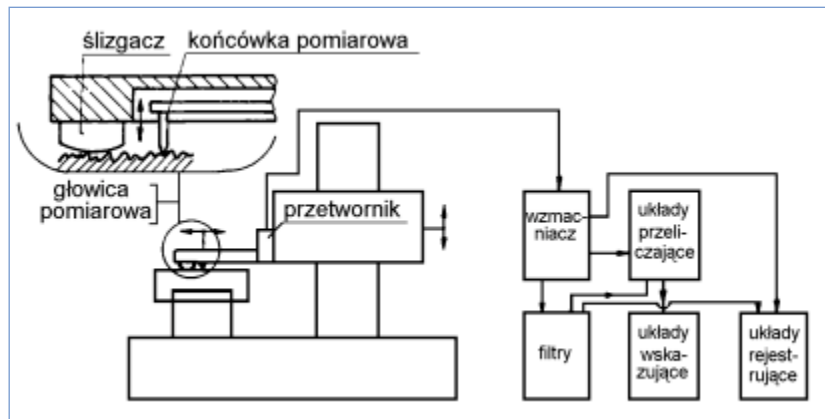
Introduction and aim: In recent years various methods have been elaborated for evaluating skin condition. The aim of the present work is to compare the results of skin unevenness analysis using two different methods – microtopography and profilometry.

Material and methods: The investigations encompassed 42 women between 43-62 years old (average age $52.2 \pm SD 5.9$) with all types of mature skin. All subjects were analyzed for 6 weeks and during this period used a night cream for the face and neck with a declared anti-wrinkle activity. Skin surface was analyzed by microtopography using a Visioscan VC 98 (Courage-Khazaka Electronic GmbH, Germany) and using profilometry elaborated by the Institute of Metrology and Measurement Systems of the Poznan Institute of Technology using a Perthometer S8P (Perthen-Mahr).

Results: Measurements obtained by profilometry indicate that the skin surface in 92% of persons regularly using the investigated cream became smoother and the wrinkles became shallower. Microtopographic analysis indicated that in over one-half of the persons participating in the test the depth, volume and number of skin depressions decreased. A distinct decrease of unevenness occurring on the skin surface was observed using both methods.

Conclusions: Results using both microtopography and profilometry confirm that both used techniques are good for measuring unevenness of the skin surface.

wskaźnik stopnia gładkości skóry. Obrazuje stosunek powierzchni „pofalowanej” do idealnie płaskiej. Im powierzchnia jest gładsza przed pomiarem, tym bardziej wynik końcowy jest zbliżony do wartości początkowej. Wynik jest podawany w procentach. Wartość ta rośnie wraz z wiekiem. „V” (Volume) jest wskaźnikiem głębokości, objętości i liczby zagłębień w powierzchni skóry (zmarszczek). Jego wartość rośnie z wiekiem. Wskaźnik informuje, jaką ilość cieczy należy nanieść na powierzchnię skóry, aby ją wyrównać. Im skóra jest gładsza przed pomiarem, tym mniej potrzeba cieczy. Wynik przedstawiony jest w jednostkach V/mm² (w odcieniach szarości). Wskaźnik „NRJ” (Energy) obrazuje ogólny stan skóry. Jego wartość maleje z wiekiem. Jest to parametr mówiący o stopniu jednorodności zdjęcia. Odpowiednio dobrana funkcja sprawdza liczbę powtórzeń kombinacji odcieni wykonaną dla sąsiadujących pikseli. „Var” (Variance) to wskaźnik stopnia

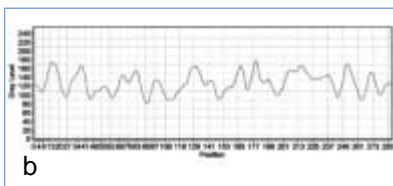
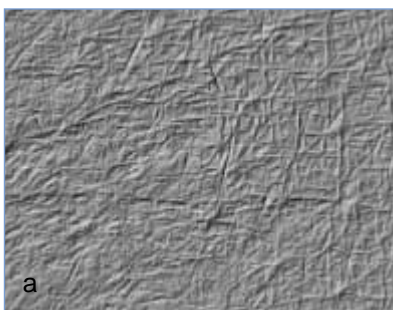


Ryc. 4
Schemat blokowy profilometru.
Block diagram of profilometer.

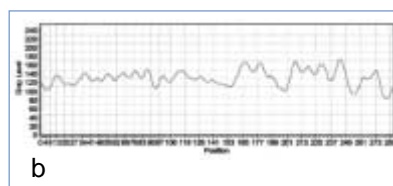
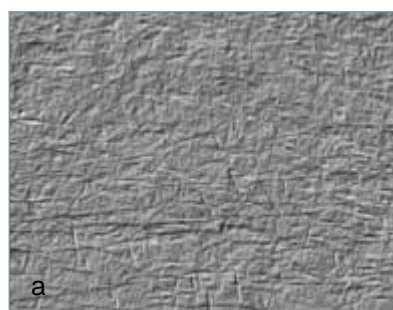
nierówności skóry. Wartość Var rośnie z wiekiem. Oblicza się ją jako średnią lokalnej rozbieżności i liczby pikseli. Wartości końcowe są porównywane ze średnią początkową. „C” (Contrast) to wskaźnik odnoszący się do ogólnej kondycji skóry. Jego wartość rośnie wraz z wiekiem. Wskazuje on różnice w odcieniach

szarości pomiędzy dwoma sąsiadującymi pikselami. Im wyższy kontrast, tym większa jest różnica wartości tych dwóch pikseli. „SEsc” (scaliness) określa stopień złuszczenia naskórka z uwzględnieniem nawodnienia skóry. Obrazuje udział jasnych pikseli odpowiedzialnych za zawartość keratocytów. „SEr” (roughness) to wskaźnik szorstkości naskórka. Udział ciemnych pikseli odpowiada tu za oznaczenie zmarszczki. Im mniejsza jest ta wartość, tym gładsza powierzchnia skóry. Wskaźnik „SEw” (wrinkles) jest proporcjonalny do liczby i głębokości zmarszczek w różnych płaszczyznach. Im jego wartość jest większa, tym więcej występuje zmarszczek. „SEsm” (smoothness) to gładkość skóry z uwzględnieniem nawilżenia. Jest to wielkość proporcjonalna do kształtu i szerokości zmarszczek.

Metoda oceny mikrotopografii skóry jest powszechnie wykorzystywana do różnego typu badań związanych z funkcjonowaniem i zmianami zachodzącymi w skórze pod wpływem czynników zewnętrznych. Najczęściej stosowano ją do oceny zmian powierzchni skóry pod wpływem fotostarzenia [4,5], do oceny zmian pigmentacyjnych u osób z azjatyckim typem cery narażo-



Ryc. 5
a) E.B. przed zastosowaniem kremu.
b) E.B. – histogram przed zastosowaniem kremu.
a) E.B. before the treatment.
b) E.B. – histogram before the treatment.



Ryc. 6
a) E.B. po 6 tygodniach.
b) E.B. – histogram po 6 tygodniach.
a) E.B. after 6 weeks treatment.
b) E.B. – histogram after 6 weeks treatment.

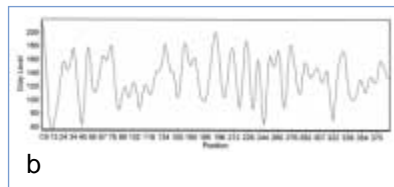
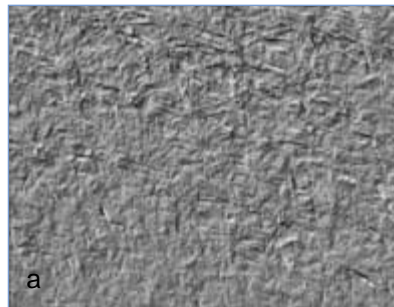
nych na silne promieniowanie UV [6,7], a także do oceny wpływu hormonalnej terapii zastępczej na skórę kobiet po menopauzie [8]. Ponadto za pomocą metody mikrotopograficznej badano wpływ na skórę włókien naturalnych i syntetycznych [9] oraz oceniano, jak zmienia się stan skóry pod wpływem tarcia mechanicznego [10]. W kosmetologii metoda ta wykorzystywana jest do oceny działania przeciwstarzeniowego kosmetyków [11-13].

Profilometria jest metodą stosowaną standardowo do pomiaru stopnia nierówności powierzchni ciał stałych (np. metali) oraz do rejestracji ich mikrostruktury i jej opisu ilościowego. Własności użytkowe ciał stałych zależą od rodzaju nieregularności powierzchni, jej kształtu, falistości lub chropowatości. Nierównością powierzchni nazywamy całość odstępstw powierzchni rzeczywistej (oddzielającej przedmiot od otaczającego go ośrodka) od powierzchni nominalnej (czyli geometrycznie idealnej).

Na nierówności powierzchni składa się błąd kształtu, falistość oraz chropowatość. Mówimy o falistości, gdy stosunek odstepu między nierównościami falistości do ich głębokości zawiera się pomiędzy 50:1 a 1000:1. Chropowatość powierzchni stanowi zbiór nierówności będących odwzorowaniem narzędzia skrawającego, i mamy z nią do czynienia, gdy odstęp nierówności jest około 5-100 razy większy od ich głębokości. Profilem powierzchni zwany jest profil uzyskany przez przecięcie powierzchni przedmiotu, głównie pod kątem prostym, określoną płaszczyzną. Parametry powierzchni mogą być wyznaczone z niefiltrowanego profilu pierwotnego (P), filtrowanego profilu chropowatości (R) i z filtrowanego profilu falistości (W) [14].

Do analizowanych parametrów profilu pierwotnego należą:

- Całkowita wysokość profilu



Ryc. 7

- a) J.P. przed zastosowaniem kremu.
- b) J.P. – histogram przed zastosowaniem kremu.
- a) J.P. before the treatment.
- b) J.P. – Histogram before the treatment.

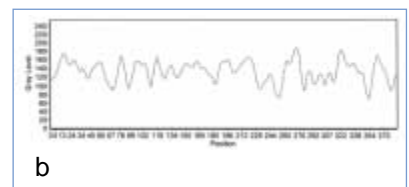
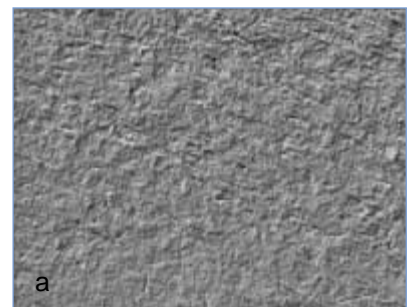
pierwotnego (Pt); jest to odległość między dwiema równoległymi prostymi obejmującymi uzyskany niefiltrowany profil pierwotny na stałym odcinku pomiarowym). Wysokość profilu Pt obejmuje składowe nieregularności powierzchni, tj. kształt, falistość i chropowatość w takim stopniu, w jakim są one obecne na odcinku pomiarowym.

- Średnia arytmetyczna rzędnych profilu pierwotnego (Pa), czyli średnia arytmetyczna bezwzględnych wartości rzędnych wewnątrz odcinka elementarnego.

Do parametrów oceny profilu falistości zalicza się:

- Całkowitą wysokość profilu falistości (Wt); jest to odległość między dwiema liniami równoległymi obejmującymi profil falistości na odcinku pomiarowym.
- Średnią arytmetyczną wartości rzędnych profilu falistości (Wa).

Do oceny profilu chropowatości skóry wybrano:



Ryc. 8

- a) JP. po 6 tygodniach.
- b) JP. histogram po 6 tygodniach.
- a) JP. after 6 weeks treatment.
- b) JP. Histogram after 6 weeks treatment.

- Średnią kwadratową wartości rzędnych profilu chropowatości (Rq) – jest statystycznie równa odchyleniu standardowemu rzędnych profilu.

- Głębokość rdzenia chropowatości (Rk) – część profilu z wyłączeniem wyróżniających się wzniesień i głębokich wgłębień.

- Zredukowaną głębokość wgłębień (Rvk) – jest średnią głębokością najniższej części profilu powierzchni, tj. wgłębień znajdujących się poniżej rdzenia; wartość średnia redukuje wpływ nietypowych wartości elementów chropowatości na ten parametr.

- Objętość olejową (Vo) – objętość płynu, jaka może być utrzymana przez głębokie doliny [15,16].

Pomiar profilu polega na przesuwaniu głowicy pomiarowej wzdłuż mierzonego profilu, ze stałą prędkością. Ostrze styka się z badaną powierzchnią, a zmiany wysokości jego położenia wywołane jej chropowa-

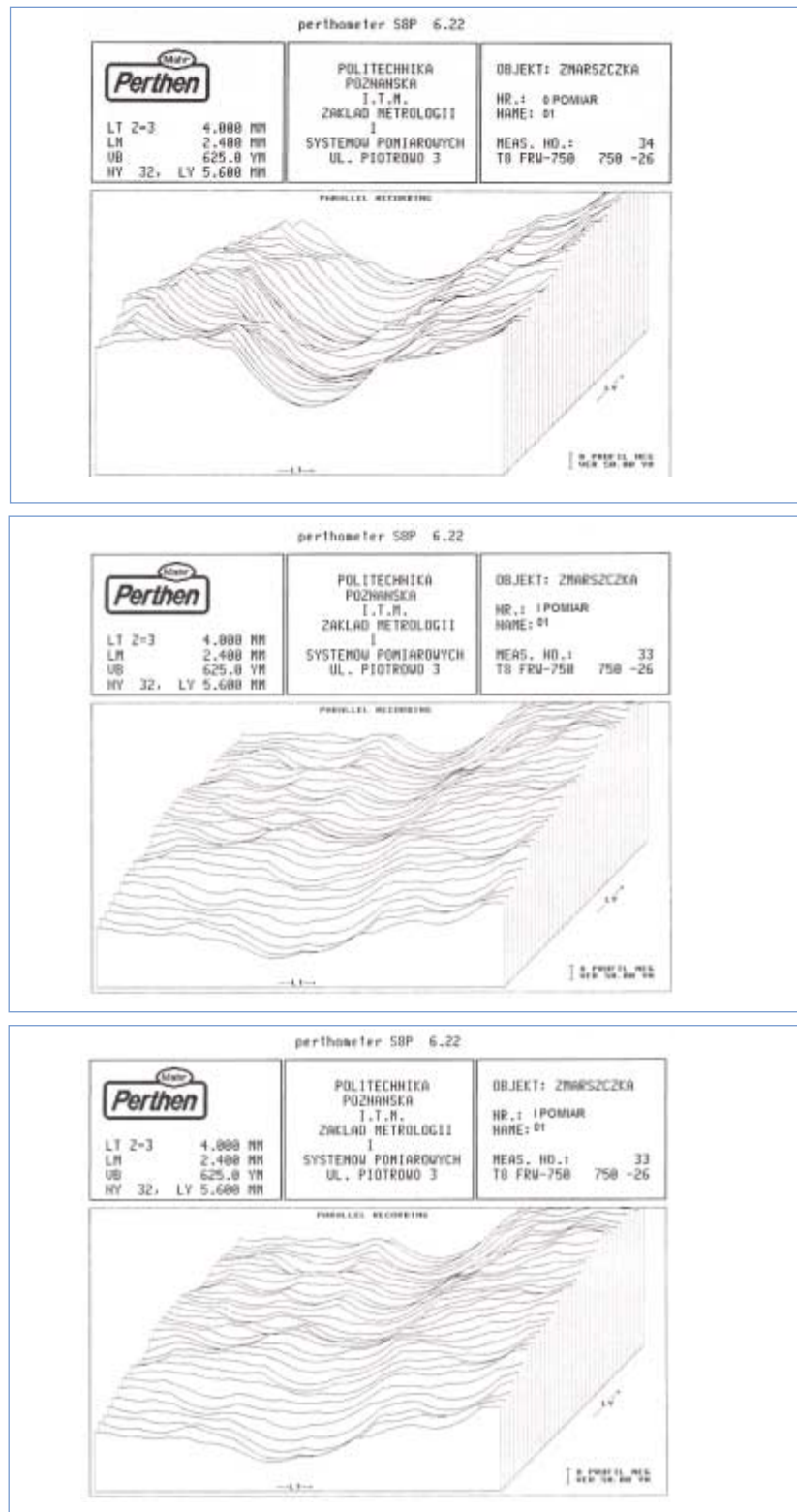
tością są zamieniane w przetworniku przyrządu na sygnał elektryczny. Sygnał ten po wzmocnieniu może być poddany filtracji celem usunięcia niepożądanych składowych. Przy pomiarze chropowatości powierzchni z sygnału odfiltrowuje się odchyłki kształtu oraz falistość. Następnie sygnał zostaje zapamiętany i poddany opracowaniu w celu wyznaczenia wartości określonego parametru. Powierzchnię przedstawia się graficznie w trzech wymiarach, za pomocą jej obrazu izometrycznego lub mapy warstwicznej.

Metodę profilometryczną (prócz tradycyjnych aplikacji z dziedziny budowy maszyn) wykorzystywano do pomiarów topografii cienkich folii kondensatorowych z politereftalanu etylu, do pomiarów grubości powłok metalowych, do oceny powierzchni szkliva zębów ludzkich, do opisu zmian strukturalnych i prognozowania zużycia warstwy wierzchniej współpracujących elementów maszyn [17-20].

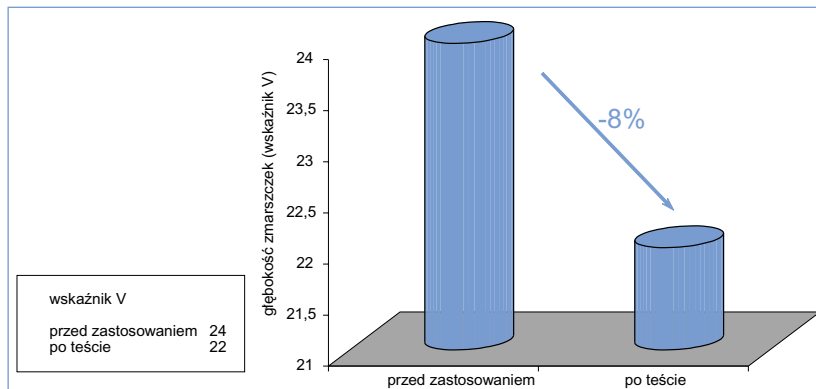
W opisywanym badaniu metoda profilometrii została zastosowana po raz pierwszy do oceny powierzchni skóry. Wykorzystanie tej techniki wiązało się z koniecznością wykonania polimerowych odcisków (replik) fragmentów powierzchni skóry, ponieważ za pomocą standardowej głowicy profilometru nie można było wykonać pomiarów na skórze [21]. Pomiary profili powierzchni oraz ich analizę przeprowadzono na profilometrze w oparciu o program komputerowy napisany w tym celu przez specjalistów z Politechniki Poznańskiej.

Cel pracy

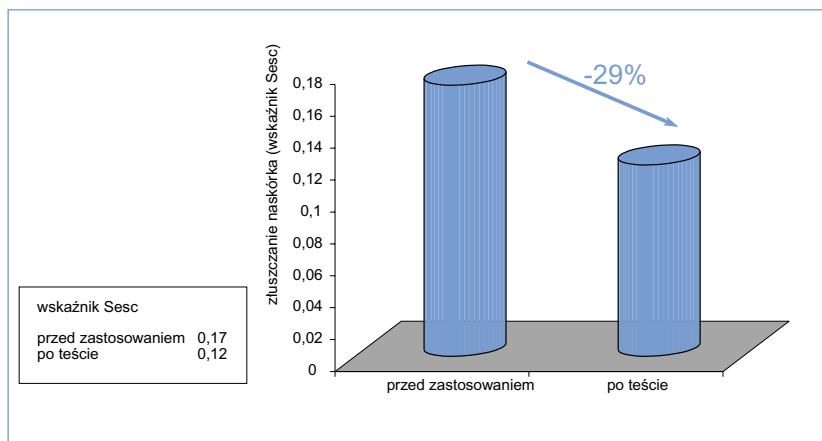
Praca ma na celu porównanie wyników analizy nierówności powierzchni skóry dokonanej z użyciem dwóch różnych metod pomiarowych: mikrotopografii oraz profilometrii.



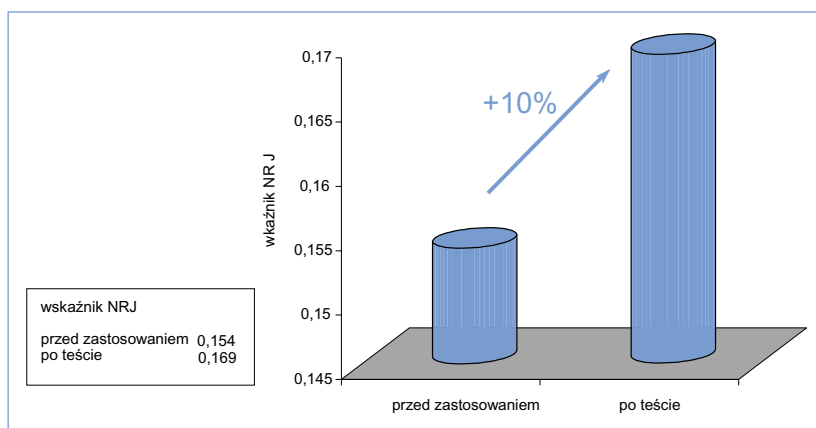
Ryc. 9
 Obraz powierzchni skóry – zmarszczka.
 Topography of the face wrinkle.



Ryc. 10
Głębokość zmarszczek.
Width of the wrinkles.



Ryc. 11
Stopień złuszczenia naskórka.
Epidermis scaliness level.



Ryc. 12
Poprawa kondycji skóry.
Skin condition improvement.

Material i metody

Badaniami objęto grupę 42 kobiet w wieku między 43. a 62. rokiem życia (średnia wieku 52,2 roku \pm SD 5,9) z każdym typem cery dojrzałej, tzn. z widocznymi zmarszczkami i bruzdami w obrębie skóry czoła i policzków, a także z objawami szorstkości i zwiótnienia skóry. Wszystkie osoby badane przez okres 6 tygodni stosowały raz dziennie na noc krem pielęgnacyjny o deklarowanym działaniu przeciwzmarszczkowym. Krem nakładany był na twarz i szyję. Probandki w trakcie badania nie stosowały żadnych innych kremów przeciwzmarszczkowych. Nie zmieniały też ogólnego sposobu pielęgnacji skóry ani nie poddawały się intensywnym kuracjom w gabinecie kosmetycznym.

Obiektem badania była widoczna zmarszczka w okolicy ust oraz bruzda międzybrowowa.

Badania wykonano metodą mikrotopografii powierzchni skóry, z użyciem aparatu Visioscan VC 98, (Courage-Khazaka Electronic Gm bH, Niemcy) oraz metodą profilometryczną, opracowaną przez Instytut Metrologii i Systemów Pomiarowych Politechniki Poznańskiej, gdzie konieczne było wykonanie polimerowego odcisku (repliki) ocenianej powierzchni. Badania profilometryczne przeprowadzono z wykorzystaniem aparatu Perthometer S8P (Perthen-Mahr). Przed rozpoczęciem badania oraz po 3 i 6 tygodniach stosowania kremu wykonano mikrotopograficzne zdjęcie powierzchni oraz polimerową replikę wybranego fragmentu skóry policzków i czoła, z widocznymi bruzdami i zmarszczkami.

Wyniki

■ Analiza mikrotopograficzna

Badanie skóry tą metodą wykazało wyraźne spłylenie nierówności

występujących na powierzchni skóry (ryc. 5a-8a). Zaobserwowano także zmniejszenie wysokości i szerokości pików na histogramie, obrazujących głębokość oraz objętość zagłębień i nierówności skóry (ryc. 5b-8b).

U ponad połowy uczestniczek testu zmniejszyła się głębokość, objętość oraz liczba zagłębień – wskaźnik V (ryc. 10).

Tym samym zmniejszył się wskaźnik falistości cery – S (poprawa z wartości 195,4 na wartość 188,4) i Var (z wartości 1,71 na wartość 1,63), co świadczy o wygładzeniu powierzchni skóry. Bardzo wyraźnie (u blisko 50%) zmalał współczynnik złuszczenia z uwzględnieniem wartości nawilżenia skóry – wskaźnik SEsc (ryc. 11), natomiast wskaźnik SEr pozostał bez zmian. Ogólny stan i kondycja skóry (wskaźniki C i NRJ) poprawiły się odpowiednio u 58 i 75% badanych o 5 i 10% (ryc. 12).

■ Metoda profilometryczna

Analizę syntetycznych replik powierzchni skóry przeprowadzono u 12 kobiet. Z pomiarów wykonanych na profilometrze przed badaniem i po 6 tygodniach stosowania wskazanego kremu wynika, iż u 92% uczestniczek testu zmniejszyła się o ponad 30% całkowita wysokość profilu pierwotnego (Pt), gdzie średni spadek wynosił 29 μm . Średnia wysokość zmarszczki wynosiła 122 μm . Poprawa stanu skóry nie zmieniła się tylko u 8% badanych. W czasie stosowania kremu nastąpiło wyraźne spłylenie zmar-

szczek. Zmniejszył się również wskaźnik falistości skóry Wt, u 42% badanych – średnio o 27 μm . Podobnie zareagował wskaźnik Wa. Nastąpiło ogólne wygładzenie powierzchni skóry. Analiza parametrów profilu chropowatości wykazała, iż w tym przypadku, w którym badaniu poddana została jedna głębsza zmarszczka, ten profil okazał się nieodpowiedni. Parametry profilu chropowatości nie odzwierciedlają rzeczywistej anizotropii, jaką cechują się pojedyncze wysokie wzniesienia i wgłębienia profilu. Z punktu widzenia powierzchni, rysa, jaką jest zmarszczka, ma charakter zmiany, w której filtracja, polegająca na wyodrębnieniu profilu chropowatości, powoduje często więcej efektów niepożądanych niż pozytywnych. Tak jest też w tym przypadku.

Najlepszymi parametrami do oceny zmian nierówności powierzchni skóry w przypadku pojedynczej zmarszczki okazały się parametry profilu pierwotnego i profilu falistości. Jeśli o nie chodzi, występuje wyraźny trend malejący.

Izometryczny obraz powierzchni skóry obrazuje zmiany topografii skóry w czasie stosowania kremu. Zauważalne jest wyraźne spłylenie powierzchni w obrębie tej samej zmarszczki.

Wnioski

Wyniki uzyskane z pomiarów metodą tak mikrotopograficzną, jak i profilometryczną potwierdzają, że

obie wykorzystane techniki w dobrym stopniu służą badaniu nierówności powierzchni skóry. Zastosowanie obydwu metod przy testowaniu produktów przeciwzmarszczkowych umożliwia ocenę wygładzenia powierzchni skóry oraz spłylenia zmarszczek. Metoda profilometryczna bardzo wyraźnie obrazuje topografię poszczególnych zmarszczki, a wynik pomiaru jej głębokości jest otrzymywany w μm . Jednak na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że nie jest to technika odpowiednia do pomiarów stopnia chropowatości skóry.

Mikrotopografia optyczna jest metodą o znacznie szerszym zastosowaniu. Można wykorzystywać ją zarówno do oceny głębokości zmarszczek, jak i do szczegółowej analizy gładkości powierzchni oraz ogólnej kondycji skóry. Technika ta jest polecana do oceny chropowatości (szorstkości skóry) i stopnia złuszczenia naskórka.

Przedstawione wyniki pomiarów pokazują dwie różne metody analityczne, których wykorzystanie przyniosło podobne efekty. Metoda profilometryczna znalazła zatem zastosowanie w kolejnej dziedzinie, która nie dla każdego inżyniera jest tak oczywista.

Obie opisane techniki pomiarowe wzajemnie się uzupełniają, a ich zastosowanie w badaniach kosmetycznych pozwala na gruntowną analizę stopnia gładkości skóry przed i po zastosowanej kuracji kosmetycznej.

PIŚMIENNICTWO

1. Tronnier H., Wiebusch M., Heinrich U.: Results of the skin surface analysis by means of SELS. *Akt Dermatol*, 1997, 23: 290-295.
2. Tronnier H., Wiebusch M., Heinrich U., Stute R.: Surface evaluation of living skin-SELS. *Adv Exp Med Bio*, 1999, 455: 507-516.
3. Tronnier H.: Results of the skin surface Evolution. *Cosmetics & Toiletries Manufacture Worldwid*, 1999.
4. Barel A.O., Clarys P.: Optical imaging using UV light for the Determination of photoageing. *Skin research and technology*, 1999, 5(2).
5. Pagnoni A.: Photoagening and photodocumentation. *Cosmetics & Toiletries*, 2002, 117: 1.
6. Clarys P., Alewacters K., Barel A.O.: Comparative study of skin color using different bioengineering methods. *Skin research and technology*, 1999, 5(2).
7. Wiechers J.W., Oakley C., Wortel V., Barlow T.: Comparison of skin colour measuring methodologies on asian skin. *Personal care ingredient asia conference*, Bangkok, 2000.
8. Pierard-Franchimont C., Pierard G.E.: Postmenopausal aging of the sebaceous follicle: A comparison between women receiving hormone replacement therapy or not. *Dermatology*, 2002, 204(1): 17-22.
9. Tronnier H.: Effects of textiles on human skin. *SÖFW Journal*, 2002-4:128.
10. Tronnier H., Wiebusch M., Heinrich U.: Frictiometry on human skin. *Skin research and technology*, 2003, 9(2): 171-178.
11. Forster T. (red.): *Cosmetic lipids and the skin barrier*. Marcel Dekker, 2001.
12. Pena Ferreira R., Costa P., Bahia F.: Visioscan VC 98 application: a comparison study between coarse and smooth skin surface, *Skin Research and Technology*, 2003, vol. 9, 2.
13. Froschle M., Pluss R., Bojarski K., Peter A.: Antiaging effect with cosmotropic substances. *SÖFW – Journal*, 2004, 4, 130: 36-43.
14. Cellary A., Chajda J., Wieczorowski M.: *Przewodnik po pomiarach powierzchni, czyli o chropowatości powierzchni i nie tylko*. Poznań, 2003.
15. Jakubiec W., Malinowski J.: *Metrologia wielkości geometrycznej*. WNT, 1993.
16. Nowicki B.: *Struktura geometryczna. Chropowatość i falistość powierzchni*. WNT, 1991.
17. Smejda B.: *Metody badania topografii powierzchni folii kondensatorowych z PET*. *Elektronika*, 1997.
18. PN-EN ISO 4518:2001.
19. Matthews-Brzozowska T., Stopa J., Uram K., Cellary A.: *Ocena powierzchni szkliwa zębów ludzkich – badania profilometryczne*. Sesja plakatuowa, 2004.
20. Starczewski L., Bonarski J.: Monitorowanie zmian struktury obszarów przypowierzchniowych spowodowanych procesem tarcia. *Tribologia Teoria i Praktyka*, 2001, 3: 421-427.
21. Nowicki B.: *Badania mikrostruktury geometrii powierzchni i metody jej oceny*. *Mechanik*, 1980, 70.

Adres do korespondencji:

Małgorzata Szubert
Centrum Badawcze Dr Irena Eris
ul. Puławska 107 a, 02-595 Warszawa
tel.: (22) 844 38 86, fax: (22) 844 17 24
e-mail: malgorzata.szubert@eris.pl