mgr Sylwia Jarząbek – Perz

Ocena wybranych parametrów skóry po zastosowaniu glukonolaktonu oraz mikrodermabrazji tlenowej

Evaluation of selected skin parameters after gluconolactone and oxygen microdermabrasion

Rozprawa na stopień doktora
w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu
w dyscyplinie nauki farmaceutyczne

Promotor: prof. dr hab. n.med. Helena Rotsztejn

Katedra Kosmetologii, Zakład Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej,
Wydział Farmaceutyczny, Uniwersytet Medyczny w Łodzi

Akceptuję: …….
(data i podpis promotora)

Łódź, 2023

Serdecznie dziękuję
Pani prof. dr hab. n .med. Helenie Rotsztejn
za opiekę naukową, wnikliwe uwagi, okazaną życzliwość,
oraz wszelką pomoc i poświęcony czas
w trakcie realizacji badań i redagowania pracy.

Dziękuję mężowi Maciejowi oraz Rodzicom

za miłość, wsparcie, cierpliwość,

wyrozumiałość i niegasnącą we mnie wiarę.

Dziękuję Koleżankom z Zakładu Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej,
w szczególności Annie Kołodziejczak i Marcie Dziedzic
za okazane wsparcie i życzliwość.

Tę pracę dedykuję mojej ukochanej córeczce Klarze.

„Trzeba mieć wytrwałość i wiarę w siebie.

Trzeba wierzyć, że człowiek jest do czegoś zdolny

i osiągnąć to za wszelką cenę.”

Maria Skłodowska-Curie

(1867-1934)

WYKAZ SKRÓTÓW

TEWL – przeznaskórkowa utrata wody (ang. *transepidermal water loss*)

SC – warstwa rogowa (łac. *stratum corneum*)

HMG-CoA – reduktaza 3-hydroksy-3-metyloglutarylokoenzymu A

IL-1α – interleukina 1- α

MMP – metaloproteinazy (ang. *matrix metalloproteinases*)

PHA – polihydroksykwas (ang. *polyhydroxy acid*)

AHA – alfahydroksykwas (ang. *alphahydroxy acid*)

GLA – glukonolakton (ang. *gluconolactone*)

IUPAC – Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej (ang. *International Union of Pure and Applied Chemistry*)

GDL – glukono-delta-lakton (ang. *glucono-delta-lactone*)

AAB – bakterie kwasu octowego (ang. *Acetic Acid Bacteria*)

NADPH – dinukleotyd nikotynoamidoadeninowy

PPP – szlak pentozo-fosforanowy (ang. *pentose phosphate pathway*)

UV – promieniowanie ultrafioletowe (ang. *ultraviolet*)

INCI – Międzynarodowe Nazewnictwo Składników Kosmetycznych (ang. *International Nomenclature for Cosmetic Ingredients*)

NaCl – chlorek sodu

VEGF – czynnik wzrostu śródbłonka naczyniowego (ang. *vascular endothelial growth factor*)

HBOT – hiperbaryczna terapia tlenowa (ang. *hyperbaric oxygen therapy*)

HIF-1 – czynnik indukowany hipoksją

COX2 – cyklooksygenaza – 2

FDA – Amerykańska Agencja Żywności i Leków (ang. *Food and Drug Administration*)

FC – fototyp skóry według Fitzpatricka (ang. *Fitzpatrick skin phototype classification*)

MPA – system do pomiarów własności skóry (ang. *Multi Probe Adapter Systems*)

GAGS – skala klasyfikacji trądziku (ang. *Global Acne Grading System)*

Spis treści

WYKAZ SKRÓTÓW **4**
1. WSTĘP **6**
1.1. Wprowadzenie 6
1.2. Glukonolakton 7
1.3. Mikrodermabrazja tlenowa 15
1.4. Mezoterapia mikroigłowa 18
2. CZĘŚĆ BADAWCZA **19**
2.1. Założenia i cele pracy 19
2.2. Materiał i metody 20
2.2.1. Grupa badana 20
2.2.2. Procedury zabiegowe 22
2.2.3. Ocena aparaturowa 25
2.3. Wyniki 33
2.4. Dyskusja 68
2.5. Wnioski 72
3. STRESZCZENIE **73**
4. STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM **76**
5. PIŚMIENNICTWO **79**
6. SPIS RYCIN I TABEL **87**
7. ZAŁĄCZNIKI **88**
7.1. Oświadczenia współautorów 88
7.2. Formularz świadomej zgody 100

1. WSTĘP

1.1. Wprowadzenie

Kosmetologia jest interdyscyplinarną dziedziną łączącą w sobie zakres wiedzy z nauk medycznych, chemicznych i biologicznych. Następuje stały rozwój kosmetologii pod kątem nowych rozwiązań technologicznych, protokołów zabiegowych oraz stosowanych substancji z zakresu surowców kosmetycznych i produktów biotechnologicznych.

Kosmetolodzy to dziś szeroko wykwalifikowani specjaliści współpracujący między innymi z lekarzem dermatologiem, lekarzem medycyny estetycznej, farmaceutą, fizjoterapeutą, dietetykiem i chemikiem. Z tego względu kosmetolodzy mogą prowadzić działania na szczeblu współpracy diagnostycznej, zabiegowej oraz badawczo-naukowej. W zakresie działań kosmetologa jest również wykorzystanie wiedzy z chemii kosmetycznej w ośrodkach badań aplikacyjnych produktów kosmetycznych oraz firmach zajmujących się surowcami i półproduktami używanymi do wytwarzania kosmetyków. Wobec czego kosmetolodzy zajmują się również opiniowaniem kosmetyków, współpracują z toksykologami i chemikami. Aktualnym nurtem kosmetologii jest holistyczne podejście do stanu skóry, uwzględniające nie tylko zabiegi estetyczne i pielęgnację, ale również kondycję psycho-fizyczną organizmu.

Kluczowe znaczenie w utrzymaniu prawidłowego stanu skóry stanowi bariera naskórkowa. W warstwie rogowej (*łac. stratum corneum* – SC) następuje regulacja przepływu i retencji wody. Dysfunkcja SC może prowadzić do rozwoju stanu zapalnego, co może być związane m.in. z wnikaniem mikroorganizmów lub patogenów. Prawidłowa funkcja skóry związana jest między innymi z odpowiednim stopniem jej nawilżenia i stanem znajdującego się na jej powierzchni płaszcza hydrolipidowego, którego zadaniem jest m.in. zmniejszenie gradientu stężenia wody oraz utrzymywanie kwaśnego pH [1, 2]. Główne klasy lipidów warstwy rogowej to wolne kwasy tłuszczowe, ceramidy i cholesterol. Endogenne substancje lipidowe warstwy rogowej pochodzą z ciałek Odlanda znajdujących się w warstwie ziarnistej. Metabolizm lipidów warstwy rogowej kontrolowany jest przez aktywność szeregu enzymów: B-glukocerebrozydazy,

transferazy seryno-plamitylowej, reduktazy 3-hydroksy-3-metylo-glutarylokoenzymu A (HMG-CoA) i syntetazy kwasów tłuszczowych [2, 3, 4].

Jakość i efektywność działania bariery naskórkowej można obiektywnie ocenić na podstawie własności skóry takich jak pH, nawilżenie, przeznaskórkowa utrata wody (Transepidermal Water Loss, TEWL) oraz poziom łoju. Znaczenie odgrywa również mikrobiota skóry, przetwarzanie lipidów, różnicowanie keratynocytów i ich złuszczanie [5, 6, 7, 8].

W celu poprawienia zaburzonych funkcji skóry można stosować różne zabiegi kosmetologiczne, między innymi mikrodermabrazję tlenową, mezoterapię mikroigłową oraz polihydroksykwasy, co zostało ocenione w niniejszej pracy.

1.2. Glukonolakton

Chemoeksfoliacja to kontrolowane uszkodzenie skóry przeprowadzane najczęściej przy użyciu kwasów, co prowadzi do złuszczania keratynocytów i odnowy naskórkowej, a także stymulacji przebudowy skóry właściwej (zależnej od właściwości i mocy substancji złuszczających). Podczas chemoeksofliacji w skórze zachodzą procesy, które można podzielić na 2 etapy:

- kataboliczny – dotyczący głównie białek – desmosomów; proton uwalniany z kwasu, powoduje rozerwanie wiązań białkowych, co prowadzi do rozluźnienia i utraty połączeń międzykomórkowych, czyli do procesu złuszczania;
- anaboliczny – na skutek drażniącego działania protonu, z keratynocytów zostają uwalniane cytokiny prozapalne m.in. interleukina 1-α (IL-1α), które wpływają na zwiększenie wydzielania metaloproteinaz (MMP). W dalszej kolejności dochodzi do aktywacji fibroblastów do zwiększenia produkcji kolagenu i kwasu hialuronowego [9, 10].

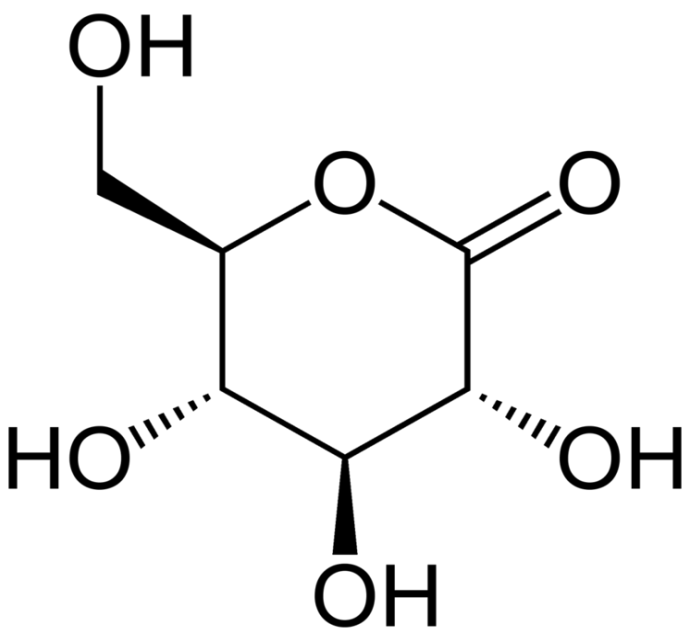
Polihydroksykwasy (ang. polyhydroxy acids - PHA) uważane są za kolejną generację alfahydroksykwasów (ang. alphahydroxy acids - AHA). W ich strukturze występuje grupa karboksylowa oraz wiele grup hydroksylowych. Dzięki położeniu jednej z grup –OH w pozycji α – wykazują podobne działanie do kwasów owocowych, ale

cechują się słabszym potencjałem drażniącym, w związku z tym ich zastosowanie nie wiąże się z ryzykiem powikłań. PHA, podobnie jak AHA powodują rozluźnienie połączeń między komórkami naskórka doprowadzając do ich delikatnego złuszczania. Dodatkowo, związki te zapewniają inne korzyści - między innymi działają jako chelatory wychwytujące prooksydacyjne jony metali, dlatego są zaliczane do antyoksydantów. Dzięki ich polihydroksylowej strukturze, można je traktować jak humektanty, które przyciągają i wiążą cząsteczki wody [9, 11]. Głównymi przedstawicielami polihydroksykwasów stosowanymi w kosmetologii są glukonolakton oraz kwas laktobionowy.

Charakterystyka i występowanie glukonolaktonu. Glukonolakton (INCI: Gluconolactone, GLA), delta-lakton kwasu glukonowego jest polihydroksykwasem, utlenioną pochodną glukozy, z grupy laktonów. Substancja ma postać białego, krystalicznego, prawie bezwonnego ciała stałego, o słodkim smaku. Systematyczna nazwa substancji (wg. IUPAC) to 3,4,5-trihydroksy-6-(hydroksymetylo)tetrahydro-2*H*-piran-2-on (wzór $C_6H_{10}O_6$), występuje również pod nazwą D-glukono-1,5-lakton (GDL). Masa cząsteczkowa związku to 178.14 g/mol, jego temperatura topnienia wynosi 155 °C. Substancja łatwo rozpuszcza się w wodzie, natomiast jest trudno rozpuszczalna w etanolu. Cząsteczkę glukonolaktonu stanowi pierścień tetrahydropiranu podstawiony bezpośrednio trzema grupami hydroksylowymi, jedną grupą ketonową i jedną grupą hydroksymetylową (Ryc. 1). Glukonolakton został w pełni scharakteryzowany strukturalnie za pomocą krystalografii rentgenowskiej [12, 13, 14, 15]. Świeżo przygotowany 6% roztwór wodny glukonolaktonu ma pH równe 3,6. Wartość ta z czasem ulega obniżeniu (do 2,5 w ciągu dwóch godzin), ze względu na postępującą hydrolizę do kwasu glukonowego [14].

W naturze glukonolakton można spotkać w produktach poddawanych procesom krystalizacji - w miodzie, winie oraz sokach owocowych. Występuje również fizjologicznie w organizmie człowieka, gdzie komórki w skórze, w wyniku cyklu przemian, wytwarzają go z glukozy, a następnie przekształcają w rybozę i deoksyrybozę. W organizmach ssaków, PHA - zarówno kwas D-glukonowy, jak i jego 1,5-lakton

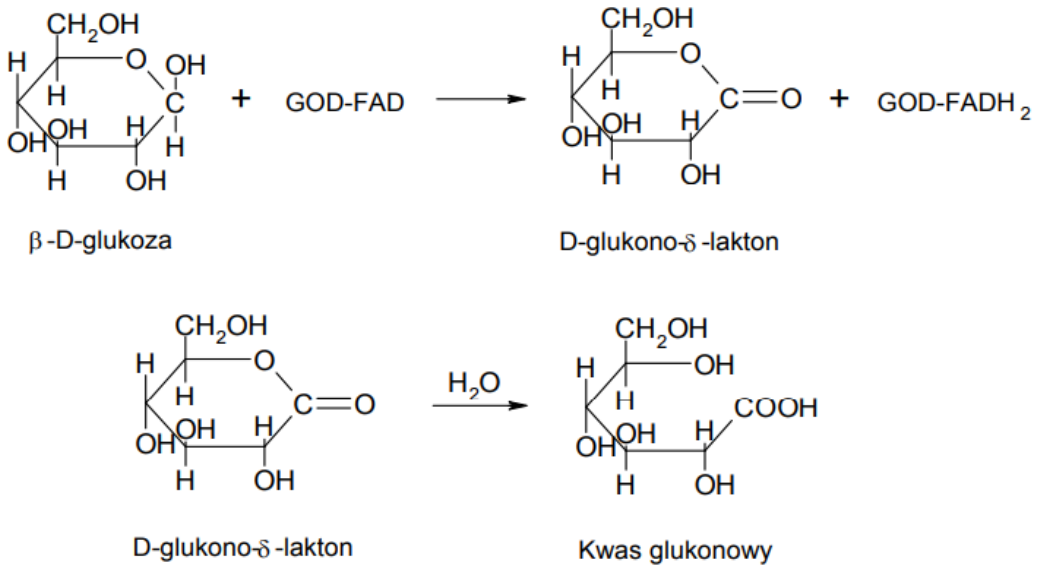
stanowią endogenne metabolity lub produkty pośrednie metabolizmu węglowodanów w tkankach, np. w szlaku pentozofosforanowym z glukozy podczas biosyntezy rybozy do kwasu rybonukleinowego. GLA jest również metabolitem mikrobioty jelitowej. Oprócz tego, kwas glukonowy jest unikalnym kwasem organicznym, który jest fermentowany przez *Lactobacillus* i *Bifidobacterium* oraz może być stosowany jako prebiotyk podobny do fruktooligosacharydów. Dzienna produkcja glukonianu ze źródeł endogennych wynosi około 450 mg/kg dla osoby o wadze 60 kg. Na skalę przemysłową produkowany jest w procesie enzymatycznym i znajduje szerokie zastosowanie jako dodatek do żywności [14, 15, 16, 17].



Ryc. 1. Budowa chemiczna glukonolaktonu

Biosynteza i inne metody otrzymywania glukonolaktonu. GLA otrzymywany jest naturalnie w procesie fermentacji ziaren kukurydzy, a także podczas utleniania β-D-glukozy do D-glukono-δ-laktonu i nadtlenku wodoru, m.in. przez bakterie kwasu octowego (ang. Acetic Acid Bacteria – AAB), co jest katalizowane przez oksydazę glukozową przy użyciu tlenu cząsteczkowego jako akceptora elektronów. GLA jest dalej

hydrolizowany do kwasu glukonowego spontanicznie lub przez enzym hydrolizujący lakton (Ryc. 2), podczas gdy nadtlenek wodoru jest rozkładany na wodę i tlen przez peroksydazę. Związek można również otrzymać w procesach biotechnologicznych podczas dwuetapowej krystalizacji wodnego roztworu kwasu glukonowego. Pierwszy etap stanowi wytwarzanie krystalicznej zawiesiny w przesyconym roztworze kwasu glukonowego, utrzymywanym w temperaturze 65-75°C. Na tym etapie uzyskuje się 3 do 10% materiału krystalicznego. Następnie prowadzone jest kontrolowane chłodzenie do 40-45°C i dojrzewanie kryształów w stałej temperaturze. Innym sposobem uzyskiwania GLA z kwasu glukonowego jest odwodnienie wodnego roztworu kwasu glukonowego, poprzez destylację azeotropową z alkoholami i krystalizację pozostałej substancji zawierającej alkohol. Destylacja azeotropowa polega na rozdziale ciekłej mieszaniny wieloskładnikowej z użyciem czynnika rozdzielającego, zmieniającego lotność pierwotnych składników rozdzielanej mieszaniny [12, 14, 16, 18, 19, 20].



Ryc. 2. Ścieżki przemiany glukonolaktonu.

Zastosowanie glukonolaktonu w przemyśle spożywczym. Glukonolakton jest dodatkiem do żywności (europejski numer dodatku do żywności E575), który występuje w produktach spożywczych takich jak tofu, jogurt, ser, chleb, wino. GLA nadaje początkowo słodki smak, który później staje się lekko kwaśny. W przemyśle spożywczym wykorzystywany jest jako składnik proszków do pieczenia, zup i sosów w proszku oraz jest koagulantem białka sojowego w produkcji tofu. 50% roztwór wodnyglukonolaktonu zapobiega osadzaniu się „kamienia mlekowego" w wyrobach mleczarskich oraz wykorzystywany jest do tworzenia skrzepu serowego oraz do poprawy stabilności cieplnej mleka. Znalazł także zastosowanie w produkcji pieczywa oraz jako środek aromatyzujący (np. w herbatach). Glukonolakton jest bardzo dobrym regulatorem pH, dodatkowo wykorzystywany jest jako konserwant, stabilizator, spulchniacz oraz utwardzacz żywności. Wpływa między innymi na wzmocnienie pikantnego smaku potraw, zachowanie na dłużej koloru mięsa oraz koagulowanie białka podczas produkcji serów [21, 22, 23, 24].

Zastosowanie glukonolaktonu w medycynie. Glukonolakton wykazuje korzystne działanie w leczeniu chorób układu sercowo-naczyniowego. Badania dowodzą, że GLA zapewnia kardioprotekcję przed uszkodzeniem mięśnia sercowego, co zostało wykazane poprzez zmniejszenie rozmiaru zawału, spadek uwalniania markerów uszkodzenia serca i apoptozy. Dodatkowo, GLA ogranicza arytmię serca poprzez wywołanie reperfuzji i redukcję stresu oksydacyjnego [22].

Dzięki właściwościom nawadniającym i możliwości rozpuszczania węglanów wapnia i fosforanów trójwapiennych, glukonolakton stosowany jest w urologii, gdzie stanowi substancję pomocniczą. W związku z powyższym GLA jest składnikiem preparatów usuwających kamienie moczowe oraz do irygacji przy problemach z cewką i pęcherzem moczowym [25].

Zastosowanie glukonolaktonu w kosmetologii. Polihydroksykwasy (kwas laktobionowy, kwas glukonowy i glukonolakton) mogą modulować funkcje bariery naskórkowej. PHA ze względu na większą od AHA cząsteczkę wykazują mniejszy potencjał drażniący, a tym samym łagodniejsze złuszczanie. W trakcie aplikacji nie wyzwalają typowych odczuć związanych z zastosowaniem peelingów chemicznych jak np. kłucie, pieczenie i szczypanie. W związku z tym PHA znajdują zastosowanie w przypadku uszkodzenia bariery naskórkowej, skóry wrażliwej, suchej, naczyniowej oraz u chorych na trądzik różowaty [26, 27].

Glukonolakton może być stosowany w połączeniu z innymi składnikami (retinoidy, kwas azelainowy) lub zabiegami z użyciem lasera nieablacyjnego, mikronakłuwania, peelingów chemicznych lub mikrodermabrazji czy oczyszczania wodorowego [28, 29, 30].

Glukonolakton wykazuje wielokierunkowe działanie na skórę. Ze względu na swoją budowę łączy w sobie właściwości AHA oraz glukozy, z której powstaje. Glukoza może efektywnie ograniczyć dyfuzje i parowanie wody, tworząc na powierzchni skóry delikatny film. Wielkość cząsteczki oraz forma laktonu sprawia, że wolniej penetruje przez skórę [28, 29, 30]. Glukonolakton wykazuje właściwości antyoksydacyjne, dzięki zdolności do chelatowania jonów metali, m.in. jonów miedzi i rtęci. Ponadto, GLA może utrzymywać równowagę red-ox poprzez zwiększenie produkcji NADPH, a następnie wchodzi w szlak glukonianu i późniejszej ścieżki pentozowo-fosforanowej (ang. pentose phosphate pathway, PPP) [28, 31, 32]. Istotne jest, że glukonolakton nie uwrażliwia skóry na promieniowanie słoneczne, ponieważ wykazuje działanie ochronne przed UV, a co za tym idzie ogranicza elastozę posłoneczną. Należy zaznaczyć, że sama absorpcja promieniowania UV przez GLA jest niska [32, 33].

Woda zawarta w skórze magazynowana jest na poziomie skóry właściwej, skąd migruje w stronę zewnętrznych warstw naskórka i odparowuje na zewnątrz, a więc uszkodzona warstwa rogowa będzie powodowała wzrost utraty wody. Enzymy hydrolityczne (zależne od wody) rozkładają korneodesmosomy, a w warunkach niskiej wilgotności, enzymy te nie działają prawidłowo, ponieważ osłabieniu ulega ich aktywność. Dochodzi do zmniejszenia nawilżenia i nagromadzenia korneocytów. Poprawę nawilżenia skóry uzyskuje się zatem poprzez zastosowanie substancji

aktywnych, które stymulują proces złuszczania oraz odbudowy bariery naskórkowej. Działanie nawilżające glukonolaktonu ma związek z obecnością w jego cząsteczce czterech grup hydroksylowych, które wykazują właściwości przyciągające i wiążące cząsteczki wody. Dodatkowo jego hydroliza w roztworach wodnych do kwasu glukonowego, który posiada jeszcze większą ilość grup hydroksylowych powoduje zwiększenie zdolności do wiązania wody, co pomaga w utrzymaniu prawidłowego bilansu nawodnienia skóry. GLA tworzy na powierzchni skóry delikatny film, dzięki czemu może ograniczać TEWL [1, 33, 34, 35, 36].

Wykazano, że glukonolakton znajduje zastosowanie w pielęgnacji skóry z objawami trądziku pospolitego, ponieważ wpływa na modyfikację keratynizacji, ma właściwości komedolityczne i przeciwzapalne. Wpływa także na redukcję rozszerzonych ujść gruczołów łojowych [37, 38, 39]. W połączeniu z kwasem azelainowym glukonolakton może mieć zastosowanie przy zmianach obecnych w trądziku różowatym. Działanie to wynika ze wzmocnienia funkcji bariery naskórkowej i ograniczenia reaktywności naczyń. Wykazano, że poprawa nawilżenia po zastosowaniu GLA wpływa znacząco na redukcję objawów neurosensorycznych, takich jak świąd i pieczenie [40].

Wartość pH powierzchni skóry ma znaczenie w kontrolowaniu mikrobiomu i utrzymywaniu homeostazy bariery hydrolipidowej. Wskazuje się również na to, że zmiany pH mogą wpływać na modyfikacje funkcji barierowej, tj. jej przepuszczalność i właściwości transportowe [42, 43, 44, 45]. Właściwa regulacja pH jest konieczna, aby zapobiegać infekcjom i zmniejszać podatność skóry na stan zapalny i suchość [41, 43]. Glukonolakton wykazuje dużą aktywność w obniżeniu pH skóry, zatem poprawia funkcje bariery naskórkowej. Oddziałuje również na enzymy regulujące złuszczanie (zmniejszona degradacja desmogleiny-1 zależna od proteaz serynowych i indukowana ekspresja desmogleiny-3 w dolnej warstwie rogowej), poprawę wiązania wody oraz przetwarzanie i metabolizm lipidów. Ponadto GLA ogranicza wzrost patogennej flory skórnej [34, 35, 46].

Glukonolakton jest dopuszczony do stosowania w kosmetykach zgodnie z Decyzją Komisji WE z dnia 9.02.2006 r. zmieniającą decyzję 96/335/WE, ustanawiającą wykaz i powszechne nazewnictwo składników stosowanych w produktach kosmetycznych. Zawarty jest w preparatach kosmetycznych pod zgodną z INCI nazwą: „Gluconolactone’’

i według wykazu pełni w nich funkcję rozpuszczalnika oraz substancji utrzymującej wilgoć [47].

Reasumując, ze względu na swoje właściwości, glukonolakton znalazł zastosowanie w kosmetykach przeznaczonych dla skóry suchej, odwodnionej, nadwrażliwej, skłonnej do alergii, a także zmienionej chorobowo w przebiegu trądziku pospolitego i różowatego. Zalecane stężenie w kosmetykach wynosi 5 – 15%, przy optymalnym pH mieszczącym się między 3 a 4. Jako pierwsza, produkty z GLA opatentowała i wprowadziła na rynek kosmetyczny amerykańska marka NeoStrata, która w swoich formułach bardzo często sięga po hydroksykwasy jako substancje aktywnie czynne. GLA jest zalecany do stosowania po zabiegach dermatologicznych, na przykład po średnio głębokich peelingach chemicznych lub zabiegach laserowych [48, 49].

1.3. Mikrodermabrazja tlenowa

Mikrodermabrazja (ang. microdermabrasion) to metoda mechanicznego złuszczania warstw naskórka, w wyniku czego dochodzi do przyspieszania odnowy komórkowej (ang. turnover time). Wykazano również, że poprzez złuszczanie powierzchownych warstw mikrodermabrazja oddziałuje na głębsze „żywe" warstwy naskórka i skórę właściwą. W wyniku pobudzenia procesów immunologicznych i uwalniania różnych cytokin dochodzi do wzrostu syntezy kolagenu i elastyny w skórze właściwej.

Uważa się, że mikrodermabrazja jest metodą nieinwazyjną, bezpieczną i efektywną w walce z niezapalnymi odmianami trądziku (trądzik zaskórnikowy), zanikowymi bliznami potrądzikowymi, wczesnymi objawami fotostarzenia, drobnymi zmarszczkami, łojotokiem, rozstępami i powierzchownymi przebarwieniami.

Mikrodermabrazja może być stosowana jako samodzielny zabieg lub w połączeniu z innymi metodami np. z peelingami chemicznymi czy metodami wprowadzania substancji aktywnych. W wyniku abrazji keratynocytów zwiększa się wchłanianie/dostarczanie składników aktywnych.

Istnieją trzy rodzaje mikrodermabrazji – korundowa, diamentowa oraz oksybrazja – mikrodermabrazja tlenowa lub wodno-tlenowa [50, 51, 52, 53, 54, 55].

Charakterystyka zabiegu mikrodermabrazji tlenowej. Mikrodermabrazja tlenowa czyli inaczej oksybrazja to procedura powierzchownego złuszczania naskórka, podczas której dwufazowy strumień składający się z soli fizjologicznej (0,9% roztwór NaCl) i sprężonego tlenu aplikowany jest na skórę za pomocą specjalnej głowicy/dyszy. Strumień mieszaniny przepływa z prędkością ok. 200 m/s, a końcówka zabiegowa jest powoli przesuwana w odległości 0,5 – 1 cm nad okolicą zabiegową. Intensywność złuszczania zależy od użytego zastosowanego ciśnienia (które ustawiane jest w zależności od rodzaju skóry oraz od indywidualnych odczuć osoby poddającej się zabiegowi), ilości powtórzeń i szybkości przesuwania dyszy.

Mikrodermabrazja tlenowa, oprócz wspomnianego działania złuszczającego warstwę rogową, wykazuje również wpływ na gruczoły łojowe – stabilizuje ich aktywność poprzez co zmniejsza łojotok. W wyniku oddziaływania tlenu pod wysokim hiperbarycznym ciśnieniem, dochodzi do bakteriobójczego wpływu na beztlenowe bakterie *Cutibacterium acnes,* co jest istotne w trądziku pospolitym. Oksybrazja wykazuje też działanie nawilżające i przeciwzapalne [56, 57].

Rozprężanie dwufazowego strumienia powoduje chłodzenie skóry. Terapia zimnem, w pierwszym etapie powoduje zmniejszenie wrażliwości receptorów czucia, zahamowanie produkcji mediatorów bólu i zapalenia, co ogranicza dyskomfort podczas złuszczania. Pobudzane są również receptory zimna w skórze, które stymulują zakończenia układu współczulnego w ścianach naczyń (żylnych, tętniczych i chłonnych) doprowadzając do ich obkurczania. W drugiej fazie następują zjawiska przeciwne do fazy pierwszej: dochodzi do lokalnego przekrwienia na skutek poszerzenia naczyń skóry, przyspieszenia procesów metabolicznych oraz zmniejszenie napięcia mięśniowego [57, 58].

Zwiększone stężenie tlenu w tkankach może stymulować szereg tlenowych reakcji biochemicznych. W długofalowym efekcie terapia tlenem wspomaga obkurczanie naczyń krwionośnych oraz uwalnianie śródbłonkowego czynnika wzrostu (VEGF) i następczy proces neoangiogenezy. Dodatkowo, zwiększenie poziomu O_2 może poprawić gojenie się niedotlenionych tkanek. Dochodzi również do zmniejszenia obrzęku [59, 60].

Uwzględniając powyższe mechanizmy działania, wskazaniami do zabiegu mikrodermabrazji tlenowej są [61, 62]:

- łagodne formy trądziku pospolitego oraz trądziku różowatego,
- nadmierne rogowacenie,
- łojotok,
- skóra wymagająca dotlenienia, tzw. „skóra palacza”,
- skóra sucha i odwodniona,
- skóra wrażliwa i naczyniowa,
- skóra dojrzała,
- blizny atroficzne.

Kliniczne wykorzystanie tlenu w hiperbarycznej terapii tlenowej (ang. hiperbaric oxygen therapy – HBOT) rozpoczęło się w latach 60-tych. Terapia HBOT dostarcza ogólnoustrojowo tlen pod podwyższonym ciśnieniem (2-3 atmosfery) w celu leczenia różnego rodzaju ran. Amerykańska Agencja Żywności i Leków (FDA), od lipca 2021 roku, zezwoliła na stosowanie komór hiperbarycznych w leczeniu ciężkich i rozległych oparzeń, ciężkich infekcji skóry i kości, urazów popromiennych, płatów przeszczepu skóry z ryzykiem obumierania tkanek, oraz niegojących się ran (takich jak owrzodzenia stopy cukrzycowej) [63, 64].

1.4. Mezoterapia mikroigłowa

Mezoterapia mikroigłowa – określana jest również jako mikronakłuwanie skóry (*ang. microneedling*), czyli kontrolowane uszkodzenia skóry. Wykorzystanie tej metody ma na celu „ominięcie" bariery naskórkowej i zwiększenie biodostępności substancji aktywnych w głębszych warstwach naskórka i w skórze właściwej w wyniku mechanicznego jej nakłuwania za pomocą cienkich igieł [65, 66].

Podstawowym celem zabiegu jest wywołanie optymalnego stanu zapalnego w skórze, który naturalnie stymuluje mechanizmy przebudowy, ponieważ dochodzi do pobudzenia komórek do podziału i wzrostu ich aktywności metabolicznej. Zachodzi wzrost wytwarzania kolagenu, elastyny, naczyń krwionośnych i innych elementów budulcowych skóry [66, 67].

Do zabiegów stosuje się igły, które nie dają możliwości wprowadzania substancji, a jedynie gęsto nakłuwają skórę na odpowiedniej głębokości. Kanały utworzone przez mikronakłucia umożliwiają optymalną penetrację miejscowo zastosowanych związków aktywnych. W wyniku tych niewielkich uszkodzeń następuje wzrost wchłaniania zastosowanych substancji. Niemniej jednak, niezależnie od głębokości uszkodzeń zostaje wzbudzony stan zapalny, który trwa do 72 godzin i obejmuje aktywację cytokin i czynników wzrostu. Interakcje keratynocyt-fibroblast aktywnie wspierają tworzenie lamininy i kolagenu typu IV i VII na poziomie nienaruszonej błony podstawnej. W efekcie odpowiedzi na uraz dochodzi również do odkładania się kolagenu III, który następnie jest zastępowany przez kolagen typu I. Równolegle do fazy zapalenia zachodzi faza proliferacyjna, a dokładnie reepitelializacja. W efekcie dochodzi do wzrostu grubości warstwy kolczystej i ziarnistej naskórka oraz wydłużenia sopli naskórkowych. To namnażanie komórek naskórka trwa około 3 tygodnie. W międzyczasie zachodzi także neoangiogeneza, w której również uczestniczą czynniki wzrostu [68, 69, 70, 71].

Mezoterapię mikroigłową wykorzystuje się głównie w celu biorewitalizacji i przebudowy skóry. Do wykonania zabiegu istnieje wiele wskazań m.in. redukcja i profilaktyka objawów starzenia, redukcja blizn zanikowych, rozszerzonych ujść gruczołów łojowych czy rozstępów. Mikronakłuwanie znajduje również zastosowanie w poprawie stanu skóry suchej czy wrażliwej, ponieważ wzmaga procesy regeneracji naskórka, co może poprawiać funkcje bariery naskórkowej [66, 67, 72, 73].

2. CZĘŚĆ BADAWCZA

2.1. Założenia i cele pracy

Założenia pracy:

W pracy postanowiono ocenić wpływ zabiegu mikrodermabrazji tlenowej – oksybrazji oraz glukonolaktonu w formie peelingu chemicznego na wybrane parametry skóry.

Mezoterapia mikroigłowa, jako powszechnie stosowana technika ułatwiająca przenikanie substancji aktywnych, w pracy została wykorzystana do celów porównawczych.

Cele pracy:

1) Ocena aparaturowa wpływu oksybrazji na nawilżenie, poziom łoju, pH i TEWL.
2) Porównawcza ocena aparaturowa wpływu 10% i 30% glukonolaktonu w formie peelingu chemicznego na nawilżenie, poziom łoju, pH i TEWL.
3) Porównawcza ocena aparaturowa wpływu zabiegu split face obejmującego mikrodermabrazję tlenową i aplikację 10% glukonolaktonu na prawą stronę twarzy oraz mezoterapię mikroigłową i aplikację 10% glukonolaktonu na lewą stronę twarzy na nawilżenie, poziom łoju, pH,i TEWL.

2.2. Materiał i metody

2.2.1. Grupa badana

Badaniem objęto 64 osoby płci żeńskiej w przedziale wiekowym 31 – 70 lat (średnia wieku to 52,59 lat) o II i III fototypie skóry według skali Fitzpatricka. Osoby uczestniczące w badaniu zostały w sposób losowy podzielone na trzy grupy (Tab. 1).

Badane osoby nie posiadały przeciwskazań do wykonania zabiegów i nie poddawały się innym procedurom kosmetycznym, nie były również w trakcie żadnych terapii dermatologicznych. Około 12 godzin przed planowanym zabiegiem uczestniczki były proszone o zaprzestanie używania wszelkich produktów kosmetycznych. Osoby poddane zabiegom zostały poinstruowane w zakresie postępowania i pielęgnacji okołozabiegowej.

Tab. 1. Charakterystyka badanych grup

Nr grupy	**Procedura zabiegowa**	**Ilość osób**	**Wiek**	**Średnia wieku**	**Badane parametry**
I	Oksybrazja	27	43-65	53,19	nawilżenie poziom łoju pH TEWL
II	Peeling z 10% glukonolaktonem (lewa strona twarzy) Peeling z 30% glukonolaktonem (prawa strona twarzy)	16	31-70	53,06	nawilżenie poziom łoju pH TEWL
III	Oksybrazja i peeling z 10% glukonolaktonem (prawa strona twarzy) Mikronakłuwanie i peeling z 10% glukonolaktonem (lewa strona twarzy)	21	39-62	51,48	nawilżenie poziom łoju pH TEWL

2.2.2. Procedury zabiegowe

Badanie obejmowało trzy grupy zabiegowe:

I. Wykonanie zabiegu oksybrazji na całą twarz.
II. Aplikację glukonolaktonu w dwóch stężeniach metodą split face (10% o pH = 2,3 na lewą stronę twarzy i 30% o pH = 1,5 na prawą stronę twarzy).
III. Wykonanie zabiegu split face – na prawą stroną twarzy zabieg łączony obejmujący oksybrazję i aplikację 10% glukonolaktonu o pH = 2,3, a na lewą stronę twarzy zabieg łączony obejmujący mikronakłuwanie i aplikację 10% glukonolaktonu.

W każdej grupie, po dokonaniu pomiarów, przed rozpoczęciem zabiegów wykonano oczyszczenie skóry delikatnym mleczkiem Ultra Sensitive Cleansing Milk firmy Chantarelle®, następnie zdezynfekowano skórę preparatem Octenisept® na bazie dichlorowodorku oktenidyny.

Osobom badanym we wszystkich grupach zalecono stosowanie ochrony przeciwsłonecznej i unikanie celowej ekspozycji na UV, korzystania z basenu, sauny oraz ograniczeniu wysiłku fizycznego (minimum 2 doby po zabiegu) w czasie planowanej serii zabiegów.

Każda z osób badanych wyraziła dobrowolną, świadomą, pisemną zgodę na udział w procedurze badawczej (Załącznik 7.2.). Projekt badawczy i jego procedury zostały pozytywnie zaopiniowane i zatwierdzone przez Komisję Bioetyczną Uniwersytetu Medycznego w Łodzi o nr RNN/327/19/KE z dnia 10 września 2019r., RNN/184/19/KE z dnia 12.03.2019 r. oraz RNN/196/22/KE z dnia 11 października 2022r.

Grupa I – Zabieg oksybrazji

U wszystkich osób badanych wykonano pięć zabiegów mikrodermabrazji wodnotlenowej w dwutygodniowych odstępach. Oksybrazję przeprowadzono za pomocą urządzenia Criss Hydroxy®. Zabieg przy użyciu roztworu soli fizjologicznej (0,9% NaCl) wykonano pod ciśnieniem 4,5 - 5,5 bar, dostosowując parametry do odczuć badanych.

Procedurę przeprowadzano zaczynając od czoła, przez policzki, brodę, nos i nad ustami, w dwóch kierunkach (pionowo i poziomo), po trzy przejścia w odległości 0,5 cm od powierzchni skóry. Osoby badane przed zabiegiem zostały poinformowane o odczuwalnym zimnie w trakcie trwania procedury zabiegowej.

Grupa II – Zabieg typu split face – aplikacja 10% glukonolaktonu w formie peelingu chemicznego na lewą stronę twarzy i 30% glukonolaktonu w formie peelingu chemicznego na prawą stronę twarzy

W grupie II przeprowadzono serię trzech zabiegów wykonywanych co tydzień. Na oczyszczoną i zdezynfekowaną skórę aplikowano peelingi chemiczne z glukonolaktonem, które były wykonane na zamówienie przez firmę CHANTARELLE® Laboratory Derm Aesthetics.

U wszystkich osób badanych nałożono za pomocą specjalnych pędzelków trzy warstwy peelingów - 10% roztwór (INCI: Aqua, Glucono-delta-Lactone, pH=2,3) aplikowano na lewą stronę twarzy, a 30% roztwór (INCI: Aqua, Glucono-delta-Lactone, pH=1,5) na prawą stronę twarzy. Preparaty aplikowano w kilkuminutowych odstępach (łącznie po 1ml produktu na stronę), a następnie pozostawiono na skórze przez 20 minut, po czym usunięto ze skóry chłodną wodą. Zgodnie z zaleceniami producenta użyte preparaty nie wymagały zastosowania neutralizatora.

Grupa III – Zabieg typu split face obejmujący wykonanie oksybrazji i aplikacji 10% glukonolaktonu w formie peelingu chemicznego na prawą stronę twarzy oraz mikronakłuwania i aplikacji tego samego peelingu na lewą stronę twarzy

U wszystkich badanych przeprowadzono serię trzech zabiegów odbywających się w 1-tygodniowych odstępach. Po oczyszczeniu i zdezynfekowaniu skóry preparatem Octenisept®, przeprowadzono zabiegi – na prawej stronie twarzy wykonano mikrodermabrazję tlenową, a na lewej mezoterapię mikroigłową.

Oksybrazję przeprowadzono za pomocą urządzenia Criss Hydroxy®, w odległości głowicy od skóry około 0,5 cm, przy ustawieniu ciśnienia 4,5-5,5 bara dostosowując parametry do odczuć badanych.

Do mikronakłuwania wykorzystano urządzenie Derma N-Skin Pen® Symbiosis oraz sterylne, jednorazowe kartridże z 18 igłami ze stali chirurgicznej. Wysuw igieł dostosowywano indywidualnie do okolicy zabiegowej – nie głębiej niż 0,5 mm. Mikronakłuwanie przeprowadzano do momentu delikatnego zaczerwienienia skóry, bez pojawienia się krwawienia.

Obie procedury wykonywano zaczynając od czoła, poprzez okolicę oka, policzki, brodę, nos i wokół ust, w płaszczyźnie pionowej i poziomej. Wykonano trzy przejścia. Glukonolakton nie wymaga neutralizacji, preparat zmyto przy użyciu chłodnej wody.

Następnie na całą twarz zaaplikowano 10% roztwór peelingu chemicznego glukonolaktonu, który został wykonany na specjalne zamówienie przez firmę CHANTARELLE® Laboratory Derm Aesthetics (INCI: Aqua, Glucono-delta-Lactone, pH=2,3).

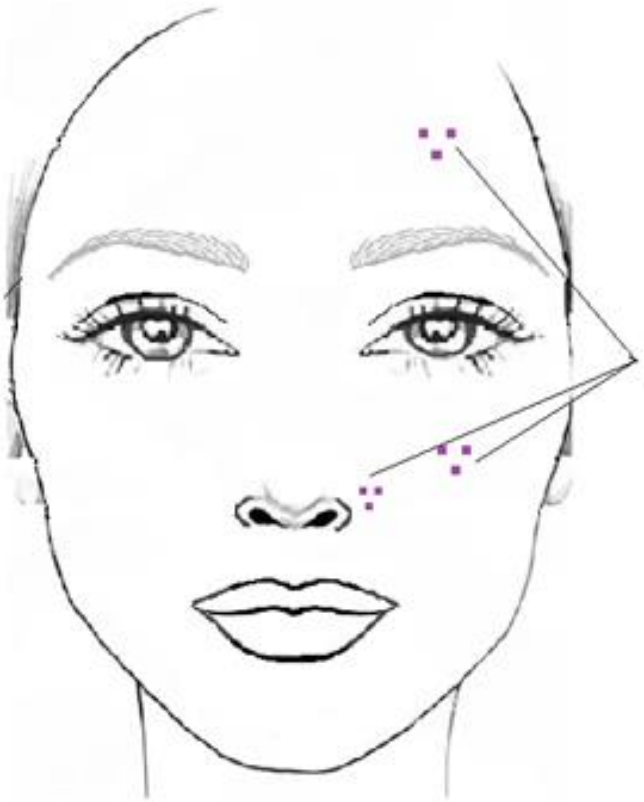
2.2.3. Ocena aparaturowa

We wszystkich grupach zostały wykonane pomiary wybranych parametrów skóry przy użyciu urządzenia MPA - Multi Probe Adapter Systems (Courage + Khazaka electronic GmbH, Köln, Germany): nawilżenie, pH, TEWL i poziom łoju; odpowiednio sondami: Corneometer®, pHmeter®, Tewameter® i kasetą Sebumeter®.

Wszystkich pomiarów dokonano w tym samym pomieszczeniu, z zachowaniem stałych warunków temperatury (24-26◦C) i wilgotności powietrza (33-41%), zawsze o zbliżonej porze dnia, po 15 minutowej aklimatyzacji osób badanych w pomieszczeniu pomiarowym. Każdy z pomiarów wykonywano kilkukrotnie, a następnie zapisywano wynik jako średnią z pomiarów.

Pomiary wybranych parametrów skóry w I grupie badanej (zabieg oksybrazji) wykonywane były przed każdym zabiegiem i po 2 tygodniach od ostatniej procedury. Wyznaczono trzy miejsca pomiarowe (Ryc. 3.):

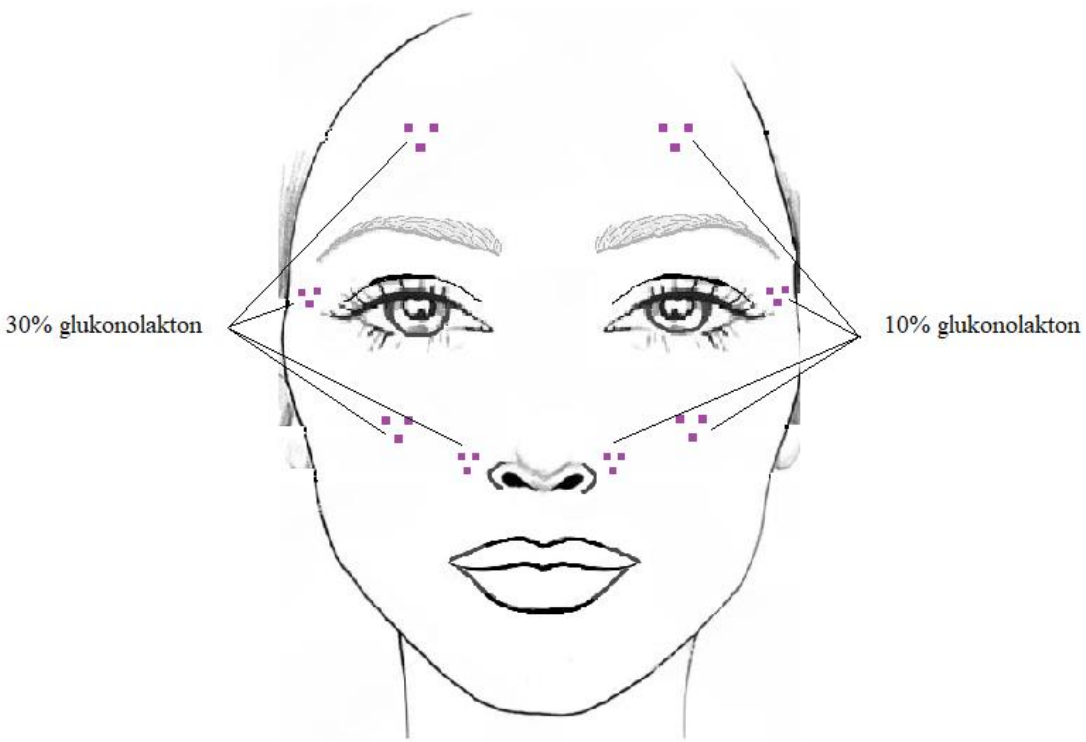
1) na czole (około 2 cm nad brwią, w linii prostej od środka źrenicy oka),
2) na skrzydełku nosa,
3) na policzku (na wysokości skrzydełka nosa, w punktach pomiędzy źrenicą a zewnętrznym kątem oka).



Ryc. 3. Punkty pomiarowe dla I grupy

Pomiary wybranych parametrów skóry w II grupie badanej (zabieg typu split face porównujący dwa stężenia peelingu chemicznego z glukonolaktonem) dokonywano przed każdym zabiegiem oraz tydzień po ostatnim zabiegu. Wyznaczono cztery punkty pomiarowe po obu stronach twarzy (Ryc. 4.):

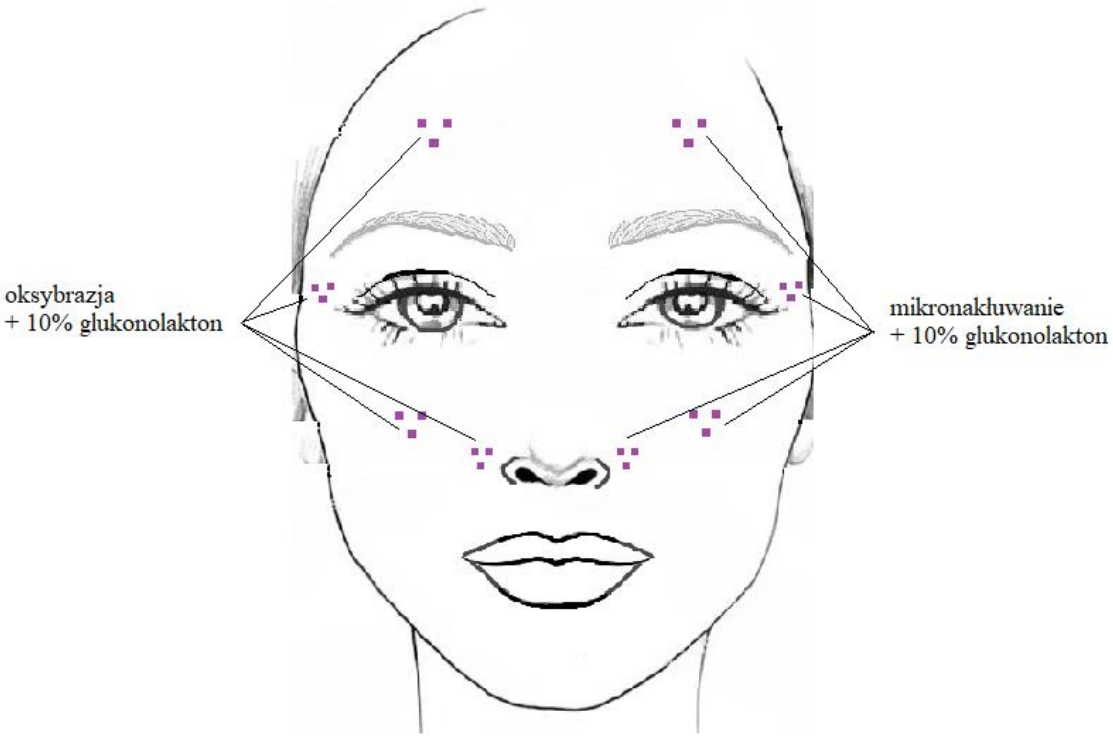
1) na czole (około 2 centymetry nad brwią, w linii prostej od środka źrenicy oka),
2) w okolicy oka (około 2 centymetry w linii prostej od zewnętrznego kąta oka),
3) na policzku (na wysokości skrzydełka nosa, w punktach pomiędzy źrenicą a zewnętrznym kątem oka);
4) na skrzydełku nosa



Ryc. 4. Punkty pomiarowe dla II grupy

Pomiary wybranych parametrów skóry w III grupie badanej (zabieg łączony obejmujący wykonanie oksybrazji i peelingu chemicznego z glukonolaktonem na prawej stronie twarzy oraz mezoterapię mikroigłową i peeling chemiczny z glukonolaktonem na lewej stronie twarzy) wykonywane były przed pierwszym i trzecim zabiegiem oraz 2 tygodnie po ostatnim zabiegu. Wyznaczono cztery miejsca pomiarowe po obu stronach twarzy (Ryc. 5.)

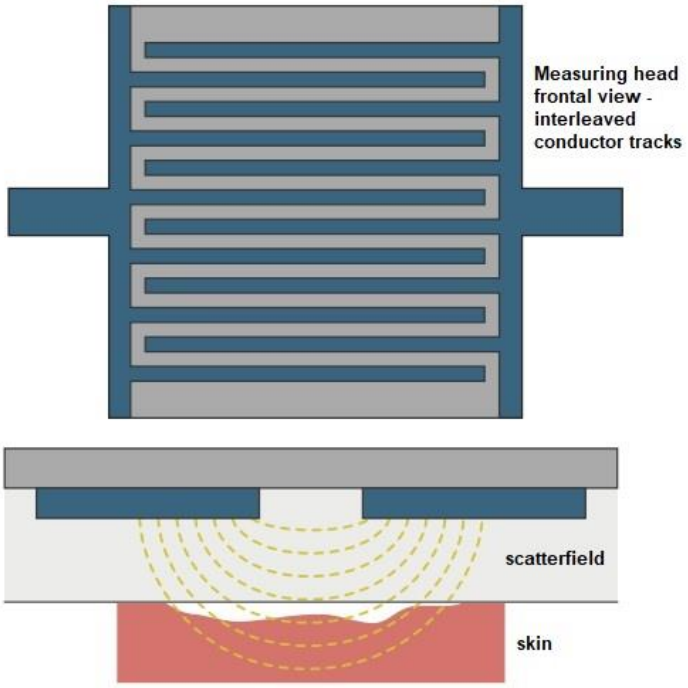
1) na czole (około 2 centymetry nad brwią, w linii prostej od środka źrenicy oka),
2) w okolicy oka (około 2 centymetry w linii prostej od zewnętrznego kąta oka),
3) na policzku (na wysokości skrzydełka nosa, w punktach pomiędzy źrenicą a zewnętrznym kątem oka),
4) na skrzydełku nosa.



Ryc. 5. Punkty pomiarowe dla III grupy

2.2.3.1. Ocena nawilżenia skóry za pomocą sondy korneometrycznej

Corneometer® CM 825 pozwala na ocenę stopnia nawilżenia, poprzez pomiar zawartości wody w warstwie rogowej naskórka. Sonda pozwala określić pośredni pomiar pojemności elektrycznej powierzchownej warstwy rogowej (zasięg pomiaru to ok. 10-20 µm w głąb SC, przy wykorzystywanym prądzie o częstotliwości 09-1,2 MHz). Czujnik zbudowany jest z kwadratowej płytki, na której umieszczone są elektrody stanowiące okładki kondensatora. Mierzony fragment skóry jest przewodnikiem dielektrycznym. Im więcej wody zawiera warstwa rogowa naskórka, tym szybciej płynie prąd, co jest równoznaczne z lepszym nawilżeniem. Wyniki pomiaru pojawiają się w jednostkach arbitralnych (0-120) (Ryc. 6.) [74, 75, 76].

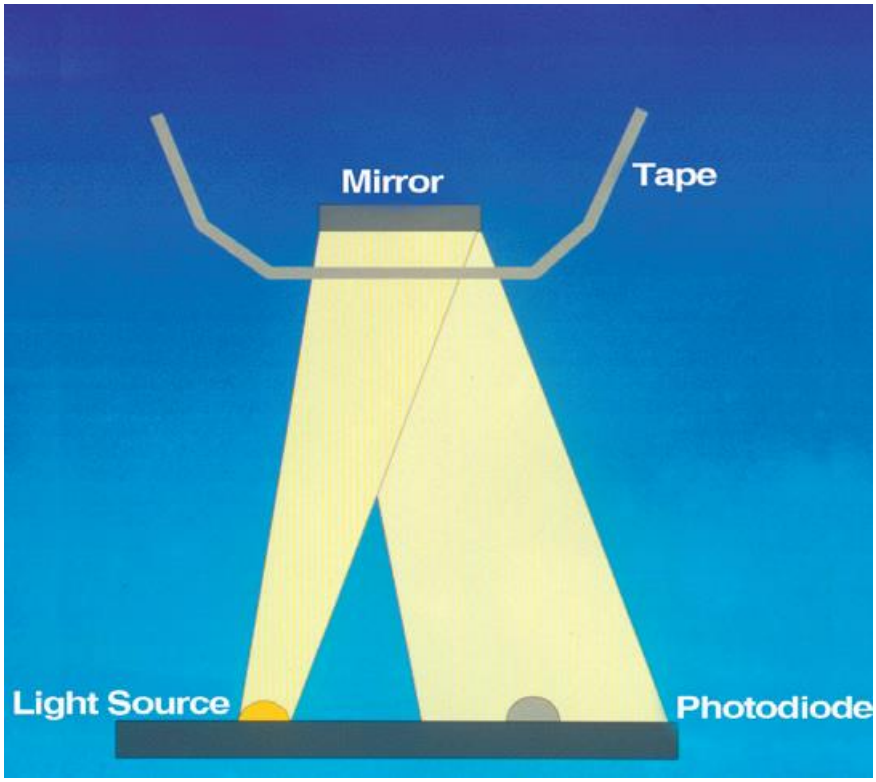


Ryc. 6. Corneometer® - schemat mechanizmu dzialania

Źródło: https://courage-khazaka.de/en/scientific-products/all-products

2.2.3.2. Ocena poziomu łoju za pomocą kasety sebumetrycznej

Sebumeter® SM 815 służy do bezpośredniego pomiaru poziomu natłuszczenia. Mechanizm działania aparatu oparty jest na punktowej fotometrii. Kaseta wyposażona jest w matową taśmę, która posiada określone właściwości opalescencji. Folia, po pokryciu warstwą lipidową, pod wpływem światła staje się przezroczysta. Wynik pomiaru to różnica między przezroczystością taśmy przed kontaktem ze skórą i po nim, wyrażona w przedziale 0-350µg łoju/cm^2 (Ryc.7.) [1, 77].

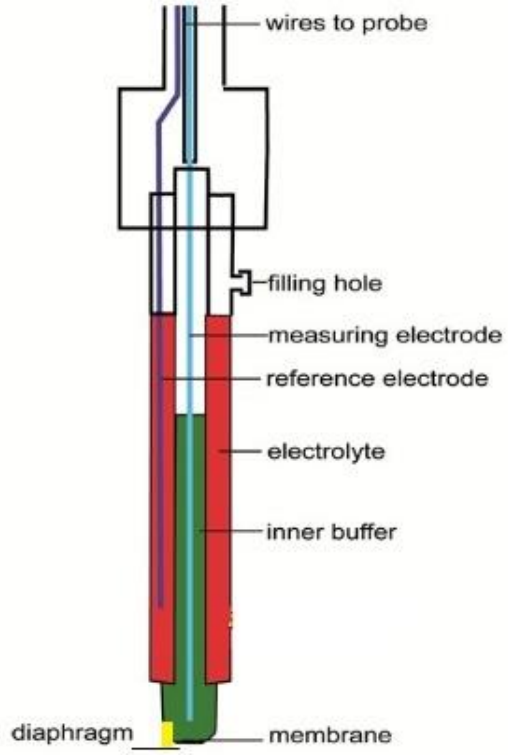


Ryc. 7. Sebumeter® – schemat mechanizmu działania

Źródło: https://courage-khazaka.de/en/scientific-products/all-products

2.2.3.3. Ocena pH skóry za pomocą sondy pehametrycznej

pH-Meter® służy do oceny odczynu skóry. Pomiar pH jest ważnym parametrem obrazującym stan płaszcza hydrolipidowego skóry. Aparat zbudowany jest ze szklanej elektrody wypełnionej roztworem buforowym (roztwór srebra/chlorek srebra lub roztwór rtęci/chlorek rtęci) oraz elektrody odniesienia, która ma kontakt ze skórą i jest wypełniona elektrolitem umożliwiającym przenoszenie jonów ze zwilżonej skóry do roztworu buforowego. Elektrody znajdują się w jednej obudowie. Dzięki obecności diafragmy w elektrodzie odniesienia, jony mogą być przenoszone, ale roztwory nie mieszają się. Po podłączeniu elektrod do woltomierza możliwy jest odczyt pomiaru pH. (Ryc.8.) [61,78].



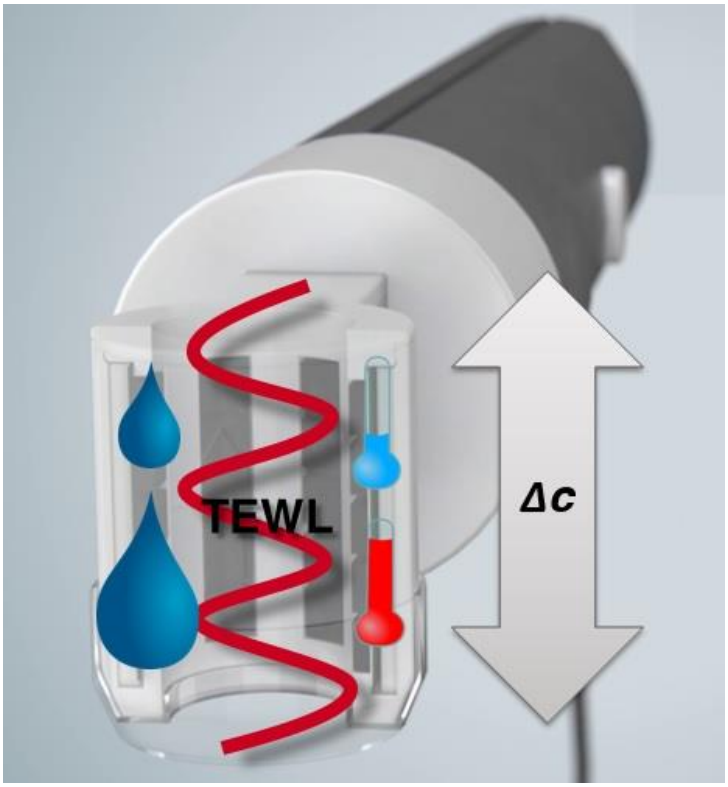
Ryc. 8. pH-meter® - budowa

Źródło: https://courage-khazaka.de/en/scientific-products/all-products

2.2.3.4. Ocena transepidermalnej utraty wody za pomocą sondy tewametrycznej

Tewameter® składa się z otwartej komory pomiarowej w kształcie walca, w środku której znajdują się dwie pary czujników - wilgotności i temperatury. Sonda pozwala na pośrednią ocenę przepuszczalności bariery skórnej, na podstawie gradientu ciśnienia pary wodnej nad powierzchnią naskórka.

Wartość TEWL wyrażona jest w jednostkach: gram na metr kwadratowy na godzinę ($g/m^2/h$) (Ryc. 9.) [1,79].



Ryc. 9. Tewameter® - schemat mechanizmu działania

Źródło: https://courage-khazaka.de/en/scientific-products/all-products

2.3. Wyniki

Szczegółowa analiza, interpretacja oraz dyskusja uzyskanych wyników przeprowadzonych badań została ujęta w formie czterech publikacji w czasopismach z listy JCR.

Spis publikacji będących przedmiotem rozprawy doktorskiej:

1. **Jarząbek S,** Rotsztejn H. *Effect of oxybrasion on selected skin parameters*. J. Cosmet. Dermatol. 2021;20:657–663. doi: 10.1111/jocd.13557

   70 pkt. IF: 2,189

2. **Jarząbek-Perz S**, Mucha P, Rotsztejn H. *Corneometric evaluation of skin moisture after application of 10% and 30% gluconolactone*. Skin Res Technol 2021 Sep;27(5):925-930. doi: 10.1111/srt.1304

   70 pkt. IF: 2,24

3. **Jarząbek-Perz S**, Dziedzic M, Rotsztejn H, Kołodziejczak A. *Evaluation of the effects of 10% and 30% gluconolactone chemical peel on sebum, pH, and TEWL*. Cosmet Dermatol. 2023;00:1-8. doi:10.1111/jocd.15864
   70 pkt. IF: 2,189

4. **Jarząbek-Perz S**, Dziedzic M, Kołodziejczak A, Rotsztejn H. *Split-face evaluation: Gluconolactone plus oxybrasion versus gluconolactone plus microneedling. The effects on skin parameters*. Skin Res Technol. 2023;29:e13353. doi: 10.1111/srt.13353
   70 pkt. IF: 2,24

Received: 24 January 2020 | Revised: 12 May 2020 | Accepted: 12 June 2020
DOI: 10.1111/jocd.13557

ORIGINAL CONTRIBUTION

JCD Journal of Cosmetic Dermatology WILEY

Effect of oxybrasion on selected skin parameters

Sylwia Jarząbek MSc | Helena Rotsztejn MD

Department of Cosmetology and Aesthetic Dermatology, Faculty of Pharmacy, Medical University of Lodz, Lodz, Poland

Correspondence
Sylwia Jarząbek, Department of Cosmetology and Aesthetic Dermatology, Faculty of Pharmacy, Medical University of Lodz, Muszyńskiego 1, Lodz 90-151, Poland.
Email: sylwia.jarzabek@stud.umed.lodz.pl

Funding information
Uniwersytet Medyczny w Lodzi; Statutory Research, Grant/Award Number: 503/3-066-01/503-31-001

Abstract

Background: Oxybrasion is one of the types of microdermabrasion. This method removes a superficial epidermal layer with the use of a stream of 0.9% saline solution and compressed air.

Aims: The assessment of skin hydration, sebum, pH, TEWL (transepidermal water loss), and pigmentation using oxybrasion.

Material and methods: The study involved 27 female subjects. Five treatments were performed every 2 weeks using the oxygen microdermabrasion. Measurements of the skin parameters were taken before each treatment and 2 weeks after the last procedure. The measurement points were on the forehead, the cheek, and on the petal of the nose.

Results: Sebum measurement showed some statistically significant differences between the sebum level on the cheek and the nose after a series of treatments. A higher hydration level was found at all measurement points. There were no statistically significant differences in TEWL parameter. pH measurement showed that the pH value decreased after each of the procedures. Most of the pigmentation measurements differed in a statistically significant way.

Conclusion: Results of the study indicate that the oxybrasion treatments increase the skin hydration and they have a significant influence on the decrease of the skin hydrolipid coat and pH.

KEYWORDS
microdermabrasion, moisturizing, sebum, skin barrier, transepidermal water loss

1 | BACKGROUND

Microdermabrasion (MDA) is one of the methods of superficial physical exfoliation of the stratum corneum.[1,2] It is believed that this method is noninvasive, safe, and effective.[2-4] Microdermabrasion is used for elimination of acne, acne scars and others, photoaging, seborrhea, stretch marks, as well as for superficial hyperpigmentation. Owing to exfoliation, absorption of active ingredients contained in cosmetics increases.[4-8] The patient may return to normal life immediately after the procedure which usually results in slight redness of the skin only, and however, it disappears after a relatively short time.[9] There are three types of microdermabrasion—corundum microdermabrasion, diamond microdermabrasion using diamond coated heads,[10,11] and oxybrasion—oxygen microdermabrasion, which involves the application of a stream of saline solution (0.9% NaCl) and compressed air on the skin surface. This method involves a minimal risk of complications since physiological saline used is neutral to the skin and the whole procedure is carried out without any contact with the skin. Application of the stream causes skin cooling, which reduces discomfort during exfoliation and minimizes the risk of bleeding or exudation.[12]

 © 2020 Wiley Periodicals, LLC

2 | AIMS

The aim of the study was to evaluate the influence of water-oxygen microdermabrasion on selected skin parameters such as sebum, moisture, TEWL (transepidermal water loss), pH, and pigmentation.

3 | MATERIALS AND METHODS

The study included 27 healthy women. The exclusion criteria were skin damage, bacterial, viral (including herpes) and fungal infections, very thin skin with dilated blood vessels, active acne and retinoid treatment, psoriasis, susceptibility to hypertrophied scars and keloids, general illness, cancer. The patients were asked not to apply any cosmetics on their faces at least 6 hours before each examination. The aim of the study was to evaluate selected skin parameters after oxybrasion. The procedure included five treatment procedures every 14 days. Measurements of skin parameters were made before each procedure and 2 weeks after the last one using *Courage & Khazaka 580 Multi Probe Adapter (Courage + Khazaka electronic GmbH)*.The analyzed parameters included the following:

- Skin oiliness using the Sebumeter® SM 815 probe, measured three times at the same site; next, the mean value was calculated. The probe is equipped with a matte tape, and the measurement is based on point photometry. The amount of sebum is expressed in g/cm^2;
- Hydration of the skin surface was measured with Corneometer® CM 825. The analyzed point was measured three times for 1 second at a pressure of 7.1 N/cm^2, 20-30 μm deep into the skin; next, the mean value was calculated. The moisture measurement is closely related to the measurement of the skin's electrical capacitance;
- TEWL—transepidermal water loss from the epidermis measured with the Tewameter® TM 300 probe. This probe is equipped with two pairs of sensors (temperature and humidity). TEWL value is expressed in g/m^2/h. The device determines the differences in the density gradient between the sensors by recording the difference in the density of water vapor. At each measurement point, 35 measurements were made with the first ten values being rejected as the appropriate temperature had to be determined by the probe;
- pH-Meter® PH 905 probe was used for pH measurement. The combination electrode is made of high sensitivity glass electrode H+ and an additional reference electrode installed in one housing. Calibration was performed using buffers with pH 4.0 and 7.0. The measurements were performed three times in the same site, and the results were averaged;
- Pigmentation was measured using the Mexameter® MX 18 probe. The measurement is made using the light absorption phenomenon. The probe emits three different wavelengths, and the receptor measures the light reflected from the skin surface. The amount of light emitted is determined precisely so that the amount of light absorbed by the skin can be calculated. The measurements were taken three times in the same site, and then, the results were averaged.

All the measurements were taken in the same room, in constant temperature (24-26°C) and air humidity (33%-41%), always at similar time of the day. Three measurement points were determined on the face:

- 1—On the forehead,
- 2—On the cheek,
- 3—On the petal of the nose.

In each person, after the measurements and before the treatment, the skin was cleaned, toned, and then degreased with Octenisept®.

3.1 | Oxybrasion

Oxybrasion was performed with the Criss Hydroxy® device at a pressure of 4.5-5.5 bar, adjusting the parameters to sensations experienced by each individual patient. The procedure was performed starting from the forehead, through the cheeks, chin, nose, and above the mouth in two directions (vertical and horizontal), after three transitions at a distance of 0.5 cm from the skin. The test subjects were instructed on the sensation of cold they could feel, the requirement of applying sun protection, skin hydration, avoidance of swimming pools, sauna and limitation of physical activity (2 days after the treatment), absolute no tanning. The patients were recommended not to change their current skin care, excluding the use of substances affecting the examined parameters, for example, retinol and vitamin C. Each of the respondents was obliged to follow the recommendations, as well as to resign from other cosmetic and dermatological procedures for the duration of the study.

The study was approved by the Bioethics Commission.

3.2 | Statistical analysis

The study involved 27 female subjects aged between 43 and 65 years in whom the level of skin greasiness, moisture, pH, pigmentation, and TEWL on the forehead, cheek, and nose was measured. The measurements were repeated six times, before each of the five treatment procedures and after the last one. Next, a statistical analysis of the obtained measurements was performed using Statistica 13 program. The assumed level of significance for the whole analysis was .05.

First, all the data were examined for basic statistics—the mean, standard deviation, maximum, and minimum value, and it was also checked for normal distribution based on the Shapiro-Wilk test. In the case of studies in which at least one measurement resulted in obtaining data that had no normal distribution, a nonparametric test was used, and for the remaining parameters, homogeneity of variance was examined using the Levene test, in none of the

cases there were grounds for rejection of the hypothesis of homogeneity of variance of distributions, and therefore, parametric tests were used. The parametric tests could be performed for the following variables:

- Hydration—the cheek
- Pigmentation—the cheek and nose
- TEWL—the forehead

The parametric test for repeated measurements was applied. In the next stage, post hoc tests were carried out in order to obtain answers for which the mean values differed significantly.

For the remaining variables, nonparametric ANOVA Friedman tests were carried out for comparison of distributions. The *P* values for sebum (the forehead) and TEWL (the cheek and nose) were higher than the significance level. There were no grounds for rejection of the hypothesis of equal distribution in the subsequent measurements. Significant changes in the distribution involved the following parameters:

- Sebum—the cheek and nose,
- Hydration—the forehead and nose,
- pH—the forehead, cheek, and nose
- Pigmentation—the forehead

In order to determine changes in subsequent measurements, post hoc tests of Conover Inman were conducted.

4 | RESULTS

4.1 | Sebum

In the case of sebum of cheek, the mean value before the first measurement was significantly higher than the average result for all the other measurements. The obtained results are presented in the diagram (Figure 1). Also, the sebum level on the nose significantly decreased (the mean value of measurements before the first session: 69.370), but only during the fifth (average: 64.074) and sixth (average: 63.962) procedure—the distributions for these measurements differed significantly from the other measurements.

4.2 | Hydration

The study showed an increase in cheek moisture—for the fifth and sixth measurements they were significantly higher than for the second measurement. The results are presented in the graph (Figure 2).

The forehead moisture also increased—the mean for the fourth, fifth, and sixth measurements was significantly higher than for the first measurement. Moreover, the mean for the sixth measurement was significantly higher than the mean for the second and third measurements. Similarly, nasal hydration improved statistically and the average values for the subsequent measurements increased significantly. The results are presented in the diagrams (Figures 3 and 4).

4.3 | TEWL

For the TEWL variable for the forehead, a parametric test was performed for repeated measurements—the test showed no significant differences in measurements. For the other TEWL tests (cheek and nose), it was impossible to perform parametric tests, so for the comparison of distributions, nonparametric tests were performed—for these indicators, no statistically significant differences for the examined parameter were shown either. The results are presented in Table 1.

4.4 | Pigmentation

As for nose pigmentation, the average value for each subsequent measurement was getting lower and lower. The mean value after the

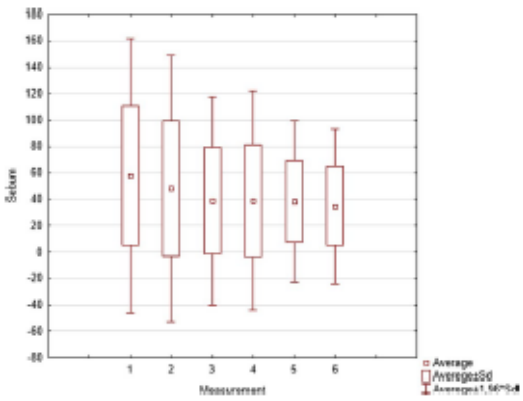


FIGURE 1 Assessment of cheek sebum level using Sebumeter

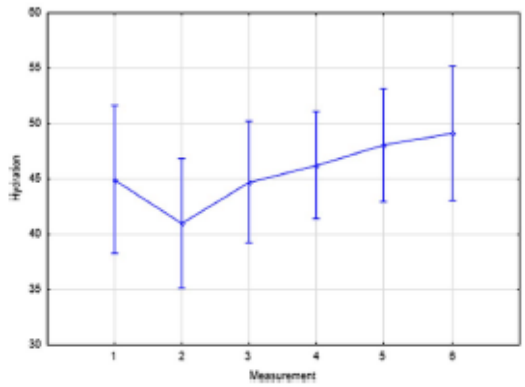


FIGURE 2 Assessment of cheek hydration using Corneometer

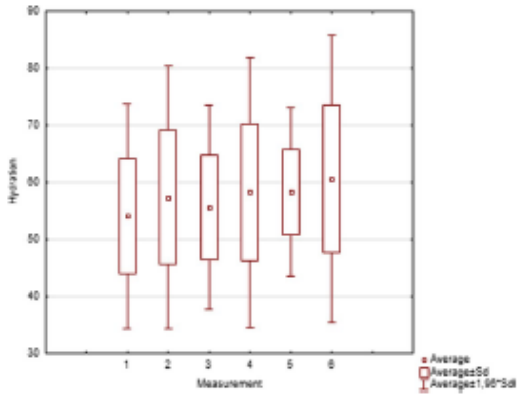


FIGURE 3 Assessment of forehead hydration using Corneometer

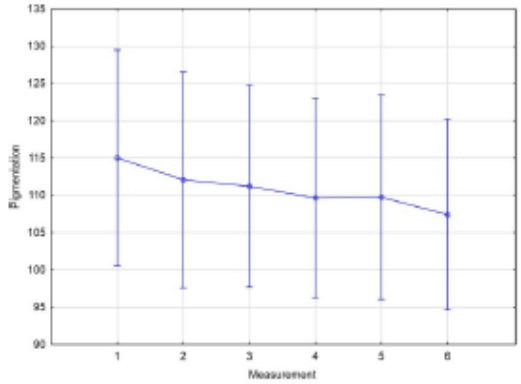


FIGURE 5 Assessment of cheek pigmentation using Mexameter

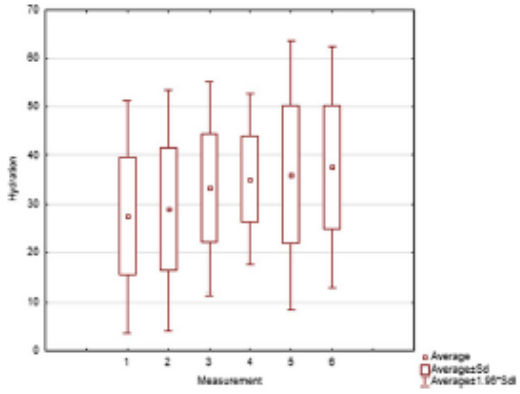


FIGURE 4 Assessment of nasal hydration using Corneometer

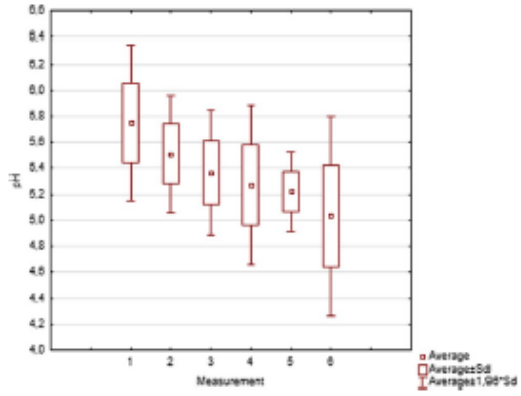


FIGURE 6 pH evaluation of the forehead using pH-meter

Forehead		Cheek		Nose	
Test statistics	*P*	Test statistics	*P*	Test statistics	*P*
1.2328	.2975	4.0085	.5482	2.7843	.7332

TABLE 1 Results of parametric and nonparametric tests for TEWL forehead, cheek, and nose. Significance level 0.05

fourth treatment significantly decreased as compared to the previous measurements. In the case of pigmentation, most of the measurements differed in a statistically significant way. The mean for the forehead was significantly higher for the first measurement than the results obtained for the fourth, fifth, and sixth measurements. The mean for the second measurement was also significantly higher than the values for the third, fourth, fifth, and sixth measurements. The mean for the sixth measurement was also significantly lower than those recorded for the third, fourth, and fifth measurements. The intensity of cheek pigmentation was examined, but there were no statistically significant differences in this parameter ($P > .05$)—the average did not change significantly. The results are presented in Figure 5.

4.5 | pH

The breakdowns for the forehead pH differed significantly from each other—each subsequent treatment resulted in a decrease in forehead pH. Also, for the cheeks and nose almost all the results differed in a statistically significant way, the pH of the cheeks and nose

was reduced after each treatment. The results are presented in the graphs (Figures 6-8).

5 | DISCUSSION

The aim of the study was to evaluate the influence of a series of water-oxygen microdermabrasion treatment procedures, on skin parameters such as skin oiliness, hydration, TEWL, pigmentation, and pH. Available scientific sources describe the changes in the above parameters resulting from the application of diamond or corundum microdermabrasion, but there are no such data on oxybrasion.

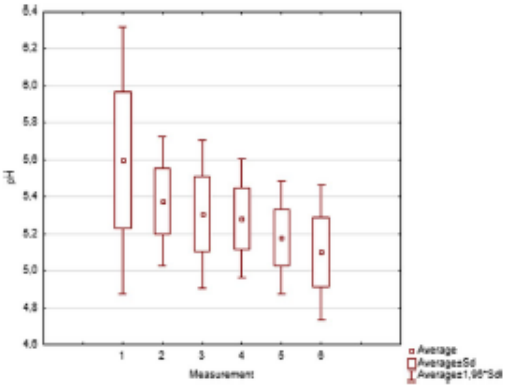


FIGURE 7 pH evaluation of the cheek using pH-meter

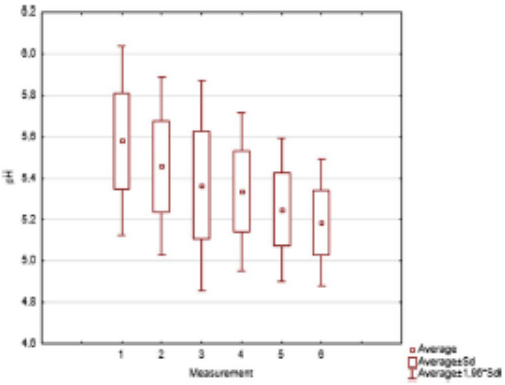


FIGURE 8 pH evaluation of the nose using pH-meter

In our study, we observed a clear decrease of sebum on the nose and cheeks of the subjects. However, there was no statistically significant change in the sebum level on the forehead. Davari et al[15] conducted a study in which they performed a series of six corundum microdermabrasion sessions every two weeks. The authors showed that a series of treatment procedures significantly reduced the level of sebum on the forehead. Also, Tan et al[14] observed a decrease in sebum amount produced after five sessions of corundum microdermabrasion. Kolodziejczak et al[15] showed a gradual decrease in the sebum output level at all the measurement sites (the forehead, nose, right and left cheek, chin) after a series of six corundum microdermabrasion sessions combined with cavitation peeling. The study was conducted in a group of nine women with seborrheic skin.

The same researchers also noticed a significant increase in the skin hydration on the chin and other measured areas, but in this case, the increase was not significant. In our study, a significant increase in hydration was observed for all the measurement sites, which may be caused by application of NaCl solution under pressure and production of an increased amount of H + and OH^- ions. The saline is solvated, and water molecules are attached to Na^+ and Cl^- ions (Figure 9). Cheek moisturization decreased after the first session, and however, subsequent treatment procedures brought about a significant improvement.

Kim et al[16] examined skin parameters such as erythema, hydration, and TEWL on the forehead and cheeks after one diamond microdermabrasion treatment. Twenty-eight participants were included in the study, and the measurements were taken before the procedure, immediately after the microdermabrasion and on three consecutive days. The authors observed a significant increase in TEWL immediately after the procedure which remained for 24 hours. However, our own research showed that aerobic microdermabrasion did not significantly affect TEWL in any of the measured regions. Similar results for NaCl and corundum microdermabrasion were obtained by Rajan et al.[17] As compared to the baseline value, a statistically significant increase in TEWL was observed 24 hours after the procedure. Seven days after the procedure, the mean TEWL values decreased to levels below the baseline level for both NaCl and Al_2O_3. There were no statistically significant differences between the values obtained for the NaCl and Al_2O_3 groups at the starting point 24 hours or 7 days after microdermabrasion.

Very few authors describe the effectiveness of microdermabrasion on pigmentation disorders. Shim et al[18] performed a histological examination in a group of volunteers who underwent

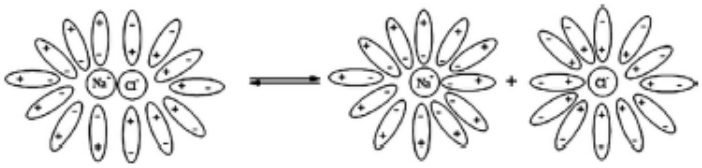


FIGURE 9 Saline solvation process. Sodium and chloride ions are surrounded by solvent molecules

a series of six microdermabrasion treatments on their forearms. Fontana-Masson staining showed a lower epidermal melanization and more regular distribution of melanosomes. In our study, it was observed that in the case of nasal and forehead pigmentation, most of the measurements differed in a statistically significant way. Nose pigmentation decreased after each procedure, probably due to reduction of open comedones and reduction of the thickness of the horny layer.

The last parameter measured by us was skin pH. The statistical analysis showed a significant decrease in pH at all the measurement sites during the study, which may be associated with an increase in hydrogen ions in the treatment field.[19] An acidic pH inhibits tyrosinase activity,[20] and therefore, it maybe also concluded that a decrease in the pH during a series of treatments resulted in a reduction in pigmentation of the above-mentioned treatment sites. The pH of the skin is between 4.1 and 5.8.[21] It is known that an increase in the pH is associated with an increased susceptibility to infection. Most pathogenic bacteria develop well when the pH changes to alkaline.[22,23] In case of a sensitive and dry skin, an increased pH is often observed.[24] Thus, it can be concluded that treatments reducing the pH of the skin can have a therapeutic effect and prevent diseases that occur together with bacterial colonization, such as acne vulgaris, as well as in a case of a dry and sensitive skin.

6 | CONCLUSION

Our research showed that water-oxygen microdermabrasion procedures had a significant influence on the decrease of the skin hydrolipid coat and the increase in the level of hydration. However, no effect on transepidermal water loss was found.

ACKNOWLEDGMENTS

The study was supported by Statutory Research activity no. 503/3-066-01/503-31-001.

CONFLICT OF INTEREST

The authors report no declarations of interests. The authors themselves are responsible for content and writing of the paper.

BIOETHICS COMMISSION

The study was approved by the Bioethics Commission. All subjects agreed to participate in the study.

ORCID

Sylwia Jarząbek https://orcid.org/0000-0001-8662-214X

REFERENCES

1. Kang BK, Choi JH, Jeong KH. A study of the effects of physical dermabrasion combined with chemical peeling in porcine skin. *J Comet Laser Ther*. 2015;17:24-30.
2. Moetaz E, Wael H, Eman A, Hossam A, Mohamed E. Microdermabrasion: a clinical, histometric, and histopathologic study. *J Cosmet Dermatol*. 2016;15:503-513.
3. Amira A, Eman E, Mahmoud RH. Dermal morphological changes following salicylic acid peeling and microdermabrasion. *J Cosmet Dermatol*. 2017;16:e9-e14.
4. Pallavi RV, Seethalakshmi GV, Kannan G, Govindarajan N. A comparative study of the resurfacing effect of microdermabrasion versus glycolic acid peel in the management of acne scars. *J Pak Assoc Derma*. 2018;28(2):224-232.
5. Bark-Lynn L, Yunhi C, Mu-Hyoung L. Effect of Serial microdermabrasion on the Ceramide Level in the Stratum Corneum. *Dermatol Surg*. 2006;32(3):377-379.
6. Fąk M, Rotsztejn H, Erkiert-Polguj A. The early effect of microdermabrasion on hydration and sebum level, The early effect of microdermabrasion on hydration and sebum level. *Skin Res Technol*. 2018;24:650-655.
7. Nassar A, Ghomey S, Gohary Y, Desoky F. Treatment of striae distensae with needling therapy versus microdermabrasion with sonophoresis. *J Cosmet Laser Ther*. 2016;18(6):330-334.
8. Zhou Y, Banga AK. Enhanced delivery of cosmeceuticals by microdermabrasion. *J Cosmet Dermatol*. 2011;10:179-184.
9. Fernandes M, Pinheiro NM, Crema VO, Mendonça AC. Effects of microdermabrasion on skin rejuvenation. *J Cosmet Laser Ther*. 2014;16(1):26-31.
10. Spencer JM. Microdermabrasion. *Am J Clin Dermatol*. 2005;6:89-92.
11. Kordus K, Potempa B, Śpiewak R. A survey of the motives for selecting the types of microdermabrasion and the opinion on their effectiveness in cosmetology practice. *EstetologiaMedyczna i Kosmetologia*. 2011;1:21-26.
12. Glinka M, Dana A. Zastosowanie soli fizjologicznej i tlenu w nowej technologii mikrodermabrazji. *Pol J Cosmetol*. 2008;11(4):313-318.
13. Davari P, Gorouhi F, Jafarian S, Dowlati Y, Firooz A. A randomized investigator-blind trial of different passes of microdermabrasion therapy and their effects on skin biophysical characteristics. *Int J Dermatol*. 2008;47:508-513.
14. Tan MH, Spencer JM, Pires LM, Ajmeri J, Skover G. The evaluation of aluminum oxide crystal microdermabrasion for photodamage. *Dermatol Surg*. 2001;27:943-949.
15. Kołodziejczak A, Wieczorek A, Rotsztejn H. The assesment of the effects of the combination of microdermabrasion and cavitation peeling in the therapy of sebprrhoeic skin with visible symptoms of acne punctata. *J Comet Laser Ther*. 2019;21(5):286-290.
16. Kim HS, Lim SH, Song JY, et al. Skin barrier function recovery after diamond microdermabrasion. *J Dermatol*. 2009;36:529-533.
17. Rajan P, Grimes PE. Skin barrier changes induced by aluminum oxide and sodium chloride microdermabrasion. *Derm Surg*. 2002;28:390-393.
18. Shim EK, Barnette D, Microdermabrasion HK, et al. A clinical and histopathologic study. *Dermatol Surg*. 2001;27:524-530.
19. Mauro T, Grayson S, Gao WN, et al. Barrier recover is impeded at neutral pH, independent of ionic effects: implications for extracellular lipid processing. *Arch Dermatol Res*. 1998;290:215-222.
20. Segger D, Aßmus U, Brock M, et al. Multicenter study on measurement of the natural pH of the skin surface. *Int J Cosmet Sci*. 2008;30:75.
21. Lambers H, Piessens S, Bloem A, et al. Natural skin surface pH is on average below 5, which is beneficial for its resident flora. *Int J Cosmet Sci*. 2006;28:359-370.
22. Marrakchi S, Maibach HI. Biophysical parameters of skin: map of human face, regional, and age-related differences. *Contact Dermatitis*. 2007;57:28-34.
23. Nagoba BS, Suryawanshi NM, Wadher B, et al. Acidic environment and wound healing: a review. *Wounds*. 2015;27:5-11.

24. Ring J, Eberlein-Keonig B, Scheafer T, et al. Skin surface pH, stratum corneum hydration, trans-epidermal water loss and skin roughness related to atopic eczema and skin dryness in a population of primary school children: clinical report. *Acta Derm Venereol.* 2000;80:188-191.

How to cite this article: Jarząbek S, Rotsztejn H. Effect of oxybrasion on selected skin parameters. *J Cosmet Dermatol.* 2021;20:657–663. https://doi.org/10.1111/jocd.13557

Copyright of Journal of Cosmetic Dermatology is the property of Wiley-Blackwell and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.

Received: 14 January 2021 | Accepted: 13 March 2021
DOI: 10.1111/srt.13044

ORIGINAL ARTICLE

WILEY

Corneometric evaluation of skin moisture after application of 10% and 30% gluconolactone

Sylwia Jarząbek-Perz[1] | Paulina Mucha[2] | Helena Rotsztejn[1]

[1]Department of Cosmetology and Aesthetic Dermatology Faculty of Pharmacy, Medical University of Lodz, Lodz, Poland
[2]Department of Cosmetic Raw Materials Chemistry, Faculty of Pharmacy, Medical University of Lodz, Lodz, Poland

Correspondence
Sylwia Jarząbek-Perz, Department of Cosmetology and Aesthetic Dermatology, Medical University of Lodz, Muszyńskiego 1, 90-151 Lodz, Poland.
Email: sylwia.jarzabek@stud.umed.lodz.pl

Funding information
Uniwersytet Medyczny w Lodzi

Abstract

Background: Dry skin, caused by improper care or genetic conditions, can affect people of all ages. Skin hydration is determined its lipid content, which inhibits water loss from the epidermis, as well as other substances such as polyhydroxy acids and gluconolactone that can bind water. The aim of this study was to evaluate skin hydration after the application of 10% and 30% gluconolactone solution in a split face model.

Materials and methods: Sixteen healthy women were qualified for the study. Three split face treatments were performed, with 10% and 30% gluconolactone solution applied to two sides of the face. Skin moisture was measured before each treatment and a week after the last treatment at three measurement sites on either side of the face, that is, on the forehead, around the eye and on the cheek.

Results: Corneometric measurements showed a significant increase in facial skin hydration after gluconolactone treatment. No significant differences were observed between the application of 10% and 30% solution.

Conclusion: Gluconolactone is a moisturizing substance which works well in dry skin care.

KEYWORDS
corneometer, dry skin, gluconolactone, moisturizing, polyhydroxy acids, TEWL

1 | INTRODUCTION

Dry skin very often accompanies other dermatoses. The condition is caused by a defect in the protective barrier of the skin, leading to a loss of water from the stratum corneum. Dry skin is rough to the touch, reddened and often accompanied by itching and susceptibility to secondary bacterial infections.[1-4] Epidermis moisturization is typically determined using a corneometer: the electric capacity of the upper layers is measured to a depth of about 10-20 μm.[5]

The care of dry skin is mainly based on the use of emollients containing urea and ceramides.[6] In addition, both alpha- and polyhydroxy acids, such as lactic acid (LAC) and lactobionic acid (LA), are used in home care cosmetics, at lower concentrations, and in chemical peelings, in higher concentrations.[7] An increase in skin moisture, wrinkle reduction and improved skin elasticity were observed after a 3-month application of a preparation with 12% lactic acid.[8] As PHAs do not sensitize the skin to ultraviolet radiation, they can be safely used also in summer[7] and should not cause irritation, even in people with sensitive skin.[9] Many studies have found LA to have beneficial properties for the skin. The present study evaluated the potential of gluconolactone, a cyclic ester (lactone) derivative of d-gluconic acid. The aim of the study was to compare the effects of 10% and 30% gluconolactone solution on skin hydration level.

© 2021 John Wiley & Sons A/S. Published by John Wiley & Sons Ltd

2 | MATERIALS AND METHODS

The study involved 16 women aged 31-70 years with dry skin. Evaluation of subjects was carried out according to arbitrary Corneometer CM 825 units (Courage + Khazaka electronic GmbH) and by a dermatologist. The following exclusion criteria were used: chronic viral, bacterial and fungal diseases of the face skin, the use of other types of moisturizing facial skin therapy during the study and general illness. In addition, approximately 12 hours before the treatment, the participants were asked to stop using any cosmetic products.

Three treatments were performed at weekly intervals. Chemical peeling with gluconolactone solution was applied based on a split face model: 10% gluconolactone on the left side and 30% on the right side. Three layers of gluconolactone solution were applied, the preparation was left on the skin for 20 minutes and then it was washed off with cool water. Skin hydration was measured with a CM 825 Corneometer (Courage + Khazaka electronic GmbH), according to the EEMCO guidelines for assessing skin hydration. The measurements were taken once before each treatment and again 1 week after the last treatment at three points on each side of the face: one on the forehead, one around the eyes and one on the cheeks. All measurements were taken in the same room with constant temperature (24-26°C) and air humidity (33%-41%) following 15 minutes of acclimatization in the measuring room. All measurements were performed five times at each point, and the mean value was calculated (Figure 1).

The study followed the principles of the Declaration of Helsinki and was approved by the Ethics Committee. All participants gave their informed consent to participate in the study.

2.1 | Gluconolactone—characteristics

Gluconolactone, 3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-one (formula $C_6H_{10}O_6$), is an oxidized glucose lactone derivative, in the form of a white, crystalline, almost odourless solid with a sweet taste. The molecule is a tetrahydropyrate ring substituted directly with three hydroxyl groups, one ketone group and one hydroxymethyl group (Figure 2).[10-12] Freshly prepared 6% aqueous solution of gluconolactone has pH equal to 3.6. This value decreases with time, that is, to 2.5 within 2 hours, due to progressive hydrolysis to gluconic acid.[11] Gluconolactone is produced physiologically by skin cells, by converting glucose into ribose and then deoxyribose and can also be found in honey, wine and fruit juices. The pure form is obtained by fermentation of corn grains or by enzymatic D-glucose oxidation, using bromine water as an oxidant. In addition, it can be synthesized using the aerobic acetic acid bacterium *Acetobacter suboxydans*.[11-15]

2.2 | Statistical analysis

Statistical analysis was performed using Statistica 13.1 (Statsoft Poland). The values of the analysed parameters were presented with the mean, standard deviation (SD), minimum and maximum values. All continuous variables were tested for normality using the Shapiro-Wilk test ($P > .01$). As all were found to have a normal distribution, the Student's *t* test was used to identify differences between individual measurements and to compare the results from the two gluconolactone preparation concentrations ($P < .05$).

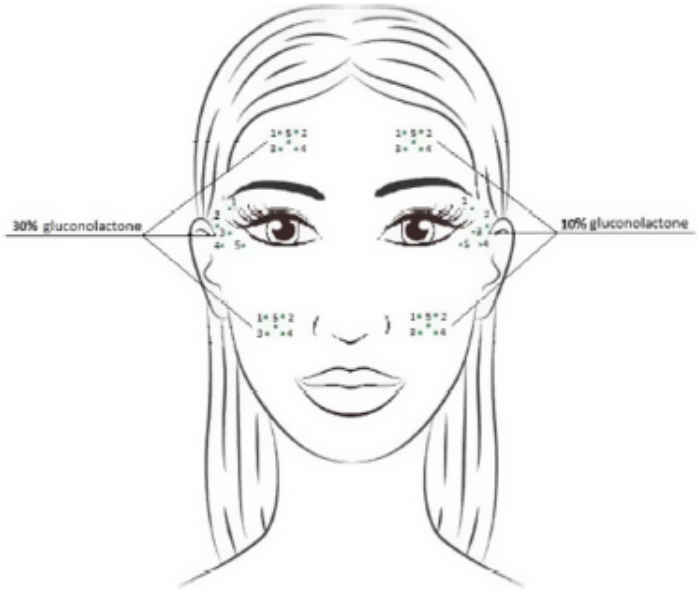


FIGURE 1 Location of the studied areas, including percentage concentration of gluconolactone

TABLE 2 Analysis of the conformity of mean values for individual measurement series

Analysis	Concentration	Area	Mean	Standard deviation	P	Significant difference (P <.05)
K - M2	10%	Forehead	55.6	11.1	.28	NO
			58.4	9.1		
		Eye area	55.8	10.5	.04	YES
			60.4	8.0		
		cheek	36.5	13.4	.15	NO
			40.2	13.9		
	30%	Forehead	52.5	9.7	.09	NO
			56.6	8.6		
		Eye area	57.7	9.1	.70	NO
			58.6	7.1		
		Cheek	34.6	10.1	.02	YES
			38.3	11.1		
K - M3	10%	Forehead	55.6	11.1	.03	YES
			63.3	10.8		
		Eye area	55.8	10.5	.00	YES
			64.2	10.8		
		Cheek	36.5	13.4	.00	YES
			45.8	15.1		
	30%	Forehead	52.5	9.7	.02	YES
			66.7	16.9		
		Eye area	57.7	9.1	.00	YES
			66.6	9.2		
		Cheek	34.6	10.1	.00	YES
			48.3	19.4		
K - M4	10%	Forehead	55.6	11.1	.00	YES
			63.5	7.1		
		Eye area	55.8	10.5	.01	YES
			63.0	8.9		
		Cheek	36.5	13.4	.00	YES
			50.0	14.1		
	30%	Forehead	52.5	9.7	.00	YES
			61.8	8.4		
		Eye area	57.7	9.1	.01	YES
			64.2	7.8		
		Cheek	34.6	10.1	.00	YES
			45.1	11.1		

found to improve the functioning of the protective barrier of the stratum corneum by strengthening, sealing and reducing TEWL. GLA is recommended for use after dermatological procedures, for example after medium-deep chemical and physical peeling, as well as in the course of such diseases as atopic dermatitis and rosacea.[16,19,20]

Gluconolactone also has anti-acne properties and has been found to have positive effects not only on the number of newly formed changes but also on the dilated hair follicle mouths.[21] Hun and Barnetson conducted a study comparing the action of gluconolactone with benzoyl peroxide commonly used in acne treatment. A lotion containing 14% gluconolactone was found to be more effective in reducing acne than 5% benzoyl peroxide, a common acne treatment, and additionally caused less irritation. In the study, one group of acne sufferers received a preparation with 5% benzoyl peroxide, while another group applied a lotion with 14% gluconolactone.[22]

An interesting in vitro study using fibroblast cultures from the skin of transgenic mice found that GLA protects elastin fibres from the degradation effects of sunlight. One group of fibroblasts

TABLE 3 Analysis of the conformity of mean values between 10% and 30% GLA for individual measurement series

Analysis	Area	Mean	Standard deviation	P	Significant difference (P <.05)
M2 10%-30%	Forehead	58.4	9.1	.35	NO
		56.6	8.6		
	Eye area	60.4	8.0	.14	NO
		58.6	7.1		
	Cheek	40.2	13.9	.50	NO
		38.3	11.1		
M3 10%-30%	Forehead	63.3	10.8	.25	NO
		66.7	16.9		
	Eye area	64.2	10.8	.15	NO
		66.6	9.2		
	Cheek	45.8	15.1	.38	NO
		48.3	19.4		
M4 10%-30%	Forehead	63.5	7.1	.27	NO
		61.8	8.4		
	Eye area	63.0	8.9	.53	NO
		64.2	7.8		
	Cheek	50.0	14.1	.01	YES
		45.1	11.1		

were exposed to UVB radiation in the presence of GLA, and another control group without GLA. The results suggest that the GLA was offered 50% more protection against UV radiation compared to controls. As gluconolactone itself does not strongly absorb UV radiation, it is assumed that its protective effects are associated more with its ability to chelate molecules and its strong antioxidant effects.[15]

The present study was based on the application of 10% gluconolactone (GLA) solution on the left side of the face and 30% solution on the right side. We showed a significant increase in skin hydration after a series of treatments with GLA solution on the face; however, no significant differences were observed between the two applied concentrations. The moisturizing effect of GLA is related to the presence of four hydroxyl groups, which are able to attract and bind water molecules. In addition, it hydrolyses to gluconic acid in aqueous solutions; as this molecule has a greater number of hydroxyl groups, it also demonstrates a greater ability to bind water in the skin. A previous study compared one group using 15% azelanic acid alone with another using a combination of 4% GLA in the facial cleanser and 10% GLA (pH 3.5) in a moisturizing face cream; in the GLA group, the skin tolerated the care better and was better hydrated, and the users reported less itching and burning.[20]

5 | CONCLUSIONS

Gluconolactone appears to effectively moisturize the skin without causing irritation. Increasing the concentration from 10% to 30% does not increase the moisturizing effect, similarly to lactobionic acid.[5]

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was supported by statutory research activity no. 503/3- 066-01/503-31-001.

CONFLICT OF INTEREST

The authors report no declarations of interests. The authors themselves are responsible for the content and writing of the paper.

ORCID

Sylwia Jarząbek-Perz https://orcid.org/0000-0001-8662-214X

REFERENCES

1. Wojnowska D, Chodorowska G, Juszkiewicz-Borowiec M. Dry skin – pathogenesis, symptomatology and treatment. *Adv Dermatol Allergol*. 2003;2:98-105.
2. Berardesca E, Mortillo S, Cameli N, et al. Efficacy of a shower cream and a lotion with skin-identical lipids in healthy subjects with atopic dry skin. *J Cosmet Dermatol*. 2018;17:477-483.
3. Algiert-Zielińska B, Mucha P, Rotsztejn H. Comparative evaluation of skin moisture aftertopical application of 10% and 30% lactobionic acid. *J Cosmet Dermatol*. 2018;17:1096-1100.
4. Ring J, Eberlein-Keonig B, Scheafer T, et al. Skin surface pH, stratum corneum hydration, trans-epidermal water loss and skin roughness related to atopic eczema and skin dryness in a population of primary school children: clinical report. *Acta Derm Venereol*. 2000;80:188-191.
5. Algiert-Zielińska B, Mucha P, Rotsztejn H. Effects of lactobionic acid peel, aluminum oxide crystal microdermabrasion, and both

procedures on skin hydration, elasticity, and transepidermal water loss. *J Cosmet Dermatol*. 2019;18(5):1-12.
6. Izumi R, Negi O, Suzuki T, et al. Efficacy of an emollient containing diethylene glycol/dilinoleic acid copolymer for the treatment of dry skin and pruritus in patients with senile xerosis. *J Cosmet Dermatol*. 2017;16:e37-e41.
7. Algiert-Zielińska B, Mucha P, Rotsztejn H. Lactic and lactobionic acids as typically moisturizing compounds. *Int J Dermatol*. 2019;58:374-379.
8. Smith WP. Epidermal and dermal effects of topical lactic acid. *J Am Acad Dermatol*. 1996;35:388-391.
9. Edison BL, Green BA, Wildnauer RH, et al. A polyhydroxyacid skin care regimen provides antiaging effects comparable to an alpha-hydroxy acid regimen. *Cutis*. 2004;73(2):14-17.
10. Saleh A, McGarry K, Chaw CS, et al. Feasibility of using gluconolactone, trehalose and hydroxy-propyl gamma cyclodextrin to enhance bendroflumethiazide dissolution using lyophilisation and physical mixing techniques. *Pharmaceutics*. 2018;10:22.
11. Anastassiadis S, Morgunov IG. Gluconic acid production. *Recent Pat Biotechnol*. 2007;1(2):167-180.
12. Bierenstiel M. 9-Galactonolactone: synthesis, isolation, and comparative structure and stability analysis of an elusive sugar derivative. *European J Org Chem*. 2004;7:1476-1479.
13. Klimiuk E, Pokój T. The synthesis of polyhydroxyalkanoates by activated sludge. *Biotechnologia*. 2008;3(82):13-21.
14. Molski M. *Chemia piękna*. Warszawa, Poland: Wydawnictwo Naukowe PWN SA. 2009;118–120:140-145.
15. Bernstein EF, Brown DB, Schwartz MD, Kaidbey K, Ksenzenko SM. The polyhydroxyacid gluconolactone protects against ultraviolet radiation in an in vitro model of cutaneous photoaging. *Dermatol Surg*. 2004;30(2/1):196.
16. Grimes PE, Green BA, Wildnauer RH, et al. The use of polyhydroxy-acids (PHAs) in photoaged skin. *Cutis*. 2004;73(2):4-12.
17. Graf J. Anti-aging skin care ingredient technologies. *Cosmetic Dermatology*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2005:17-28.
18. Edison BL, Green BA, Wildnauer RH, Sigler ML. A polyhydroxy acid skin care regimen provides antiaging effects comparable to an alpha-hydroxy acid regimen. *Cutis*. 2004;73(2):14-17.
19. Berardesca E, Distante F, Vignoli GP, et al. Alpha hydroxyacids modulate stratum corneum barrier function. *Br J Dermatol*. 1997;137:934-938.
20. Draelos ZD, Green BA, Edison BL. An evaluation of a polyhydroxy acid skin care regimen in combination with azelaic acid 15% gel in rosacea patients. *J Cosmet Dermatol*. 2006;5:23-29.
21. Kantikosum K, Chongpison Y, Chottawornsak N, et al. The efficacy of glycolic acid, salicylic acid, gluconolactone, and licochalcone A combined with 0.1% adapalene vs adapalene monotherapy in mild-to-moderate acne vulgaris: a double-blinded within-person comparative study. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2019;19(12):151-161.
22. Hunt MJ, Barnetson RS. A comparative study of gluconolactone versus benzoylperoxide in the treatment of acne. *Australas J Dermatol*. 1992;33(3):131-133.

How to cite this article: Jarząbek-Perz S, Mucha P, Rotsztejn H. Corneometric evaluation of skin moisture after application of 10% and 30% gluconolactone. *Skin Res Technol*. 2021;27:925–930. https://doi.org/10.1111/srt.13044

Copyright of Skin Research & Technology is the property of Wiley-Blackwell and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.

Received: 27 April 2023 | Accepted: 5 May 2023
DOI: 10.1111/srt.13353

ORIGINAL ARTICLE

WILEY

Split-face evaluation: Gluconolactone plus oxybrasion versus gluconolactone plus microneedling. The effects on skin parameters

Sylwia Jarząbek-Perz | Marta Dziedzic | Anna Kołodziejczak | Helena Rotsztejn

Department of Cosmetology and Aesthetic Dermatology, Faculty of Pharmacy, Medical University of Lodz, Lodz, Poland

Correspondence
Sylwia Jarząbek-Perz, Department of Cosmetology and Aesthetic Dermatology, Faculty of Pharmacy, Medical University of Lodz, Muszyńskiego 1, 90-151 Lodz, Poland.
Email: sylwia.jarzabek@stud.umed.lodz.pl

Abstract

Background: The application of polyhydroxy acids and alpha-hydroxy acids to the skin is often used in cosmetology. To enhance the effect of gluconolactone chemical peeling, a combined method including water-oxygen oxybrasion or microneedle mesotherapy can be used.

Objectives: To evaluate skin parameters such as hydration, sebum, pH and TEWL after application of a 10% gluconolactone chemical peel in combination with oxybrasion and microneedling.

Materials and methods: Twenty-one Caucasian women participated in the study. A series of three split face treatments was carried out at 1-week intervals. Oxybrasion was performed on the right side of the face and micro-needle mesotherapy on the left side. A 10% gluconolactone solution was applied to the entire face. Before the first and third treatments and 2 weeks after the last treatment, skin parameters were evaluated. Photographic documentation was also made before and after the treatment series.

Results and conclusion: Evaluation of skin parameters using Courage & Khazaka 580 Multi Probe Adapter probes (Courage + Khazaka electronic GmbH, Cologne, Germany) showed an increase in hydration and a decrease in sebum, pH and TEWL for both treatments. There were no statistically significant differences between the treatments. Combining chemical peeling of gluconolactone with oxybrasion and microneedle mesotherapy is a good method to seal the hydrolipid barrier and increase skin hydration.

KEYWORDS
gluconolactone, hydration, microdermabrasion, microneedling, oxybrasion, pH, sebum, skin parameters, TEWL

1 | INTRODUCTION

Skin parameters like hydration, transepidermal water loss (TEWL), pH, and sebum levels illustrate the functioning of the epidermal barrier. Evaluation of skin parameters provides the basis for selecting appropriate treatments and testing their effectiveness.[1]

Combination treatments have been performed more and more frequently in cosmetology to increase their effects and achieve better

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs License, which permits use and distribution in any medium, provided the original work is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.
© 2023 The Authors. *Skin Research and Technology* published by John Wiley & Sons Ltd.

results. One of such treatments is the combination of mechanical exfoliation with microdermabrasion and the application of chemical peels on the skin.[2-4] Many researchers describe the effect of corundum or diamond microdermabrasion and alpha hydroxy acids and polyhydroxy acids, such as lactobionic acid.[3,4] An interesting combination seems to be the use of another type of microdermabrasion—oxybrasion and chemical peeling of gluconolactone. These treatments are noninvasive, they are also time effective, safe and suitable for all types of skin.[5,6]

Oxybrasion is also known as oxygen or water-oxygen microdermabrasion. It is a procedure for superficial exfoliation of the epidermis, during which a biphasic stream composed of Natrium Chloratum (9% NaCl) and compressed oxygen is applied to the skin using a special head. Oxybrasion has a moisturizing effect, stabilizes sebaceous glands, and stimulates and increases blood circulation, resulting in better nutrition and oxygenation of tissues. Controlled exfoliation of the superficial layers of the epidermis facilitates the penetration of active substances. Due to the use of sodium chloride solution and pure oxygen from the cylinder, the destruction of the anaerobic environment occurs and thus the elimination of anaerobic Cutibacterium acnes bacteria. As a result, tissue regeneration is accelerated and skin inflammation is reduced. Water-oxygen microdermabrasion is also characterized by high hygiene since the head does not directly touch the patient's skin. The efficacy of the treatment depends on the pressure selected and the number of repetitions.[2,5,7,8]

Gluconolactone (GLA) is a relatively new cosmetic ingredient that combines the properties of glucose (reduces diffusion and evaporation of water from the epidermis) and alpha-hydroxy acids.[9] It is also similar to polyhydroxy acids: it does not cause irritation, redness or burning. Gluconolactone increases skin hydration, has antiacne, soothing and antiaging properties; it protects elastin fibers from the degrading effects of ultraviolet radiation. GLA forms a delicate film on the surface of the skin, thus reducing TEWL, so it is used as a regenerative substance after invasive procedures.[6,10-13]

In addition to microdermabrasion, another way to increase the penetration of active substances is undoubtedly micro-needle mesotherapy. Mechanical puncturing of the skin with thin needles interrupts its continuity, creating channels to introduce desired substances, such as vitamin C, retinoids, platelet-rich plasma or chemical peels.[14-17] Micro-needle mesotherapy can be performed with dermarollers and dermapen. The dermapen punctures the skin with pulsatile, automatic movement of the needles directed perpendicularly to the skin surface. Depending on the area treated, it is possible to select the appropriate depth (0.25–2.5mm) and the ejection speed.[14] A depth setting of 0.15mm results in accumulation of the active ingredient in the stratum corneum, while as little as 0.5 mm allows transdermal penetration.[14,18]

The purpose of this work was to examine skin parameters such as hydration, sebum, TEWL, and pH before, during and after a series of split-face treatments using oxybrasion plus gluconolactone and microneedling plus gluconolactone, and to compare the effectiveness of the two procedures.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 | Participants

The study included 21 Caucasian female subjects aged 39 to 62 years, with skin classified as phototype II and III on the Fitzpatrick scale. Contraindications to the procedure were active herpes, bacterial, viral, fungal diseases of the facial skin, pregnancy, lactation, psoriasis, retinoid therapy and up to six months and after completion, oral and topical antibiotic therapy that causes skin thinning and irritation, freshly tanned skin, susceptibility to hypertrophic scars and keloids, generally poor health condition.

The subjects surveyed had no contraindications to the treatments. They were asked to refrain from other cosmetic and dermatological procedures for the duration of the study. Approximately 6 h before scheduled treatment, subjects were asked to stop using any cosmetic products. The study participants were instructed about the procedure and perioperative care.

2.2 | Evaluation of skin parameters

The study evaluated skin parameters such as hydration, sebum, pH, and TEWL. The measurement sites on both sides of the face were forehead, cheeks, nose (due to the high sensitivity of the tewameter probe, this parameter was not measured on the nose) and the eye area (Figure 1).

The skin parameters were measured before the first and third treatments and two weeks after the last treatment (six weeks after the first treatment). Assessments were carried out according to the EEMCO guidelines. All measurements were taken in the same room, with constant temperature (24–26°C) and humidity (33%–41%), always at similar times of the day, after a 15 min acclimatization. Each measurement was taken three times at the same site, and then the average was drawn. The evaluations were made using the Courage & Khazaka 580 Multi Probe Adapter probes (Courage + Khazaka electronic

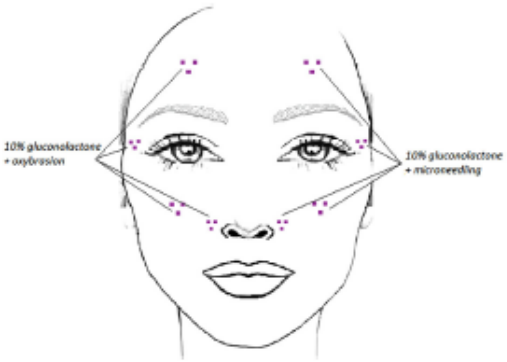


FIGURE 1 Location of the studied areas including performed treatments.

10606686, 2023, 6, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.15333 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [27/05/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

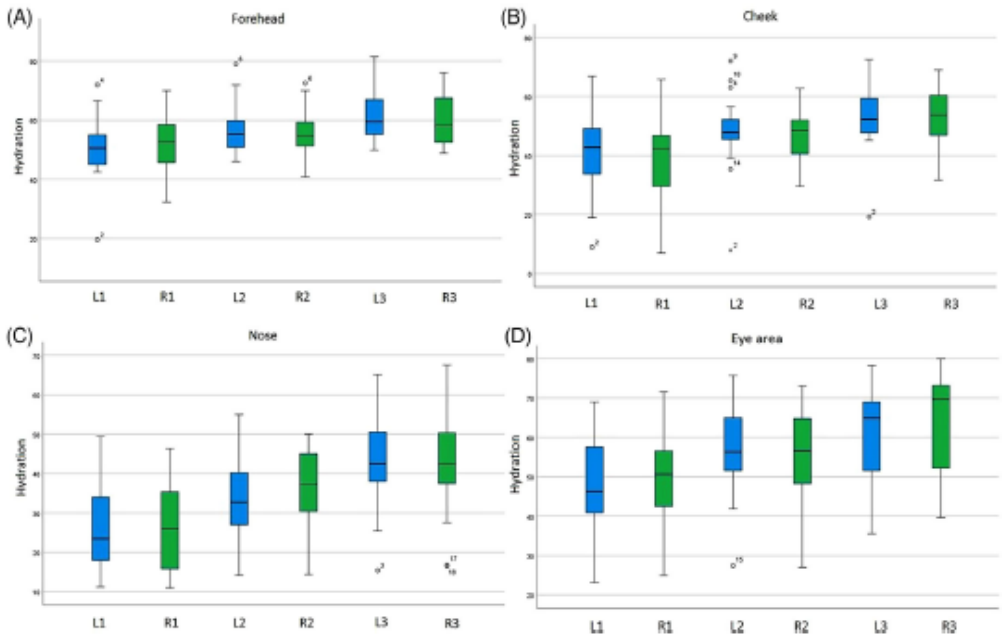


FIGURE 2 Assessment of the (A) forehead, (B) cheek, (C) nose, (D) eye area hydration using Corneometer. Skin parameters were measured before the first (L1,R1) and fourth (L2,R2) treatments and 2 weeks after the last treatment (L3,R3). L – left side (microneedling plus 10% gluconolactone), R – right side (oxybrasion plus 10% gluconolactone).

GmbH, Cologne, Germany): Corneometer CM 825 (measures stratum corneum hydration), Sebumeter SM 815 (measures the amount of sebum secreted), pH-Meter PH 905 (measures pH), Tewameter TM 300 (measures TEWL or transepidermal water loss from the epidermis).

2.3 | Photographic documentation

Before starting the series of treatments and two weeks after the last procedure, the study subjects were photographed using the Fotomedicus system (Elfo).

2.4 | Procedures

All participants underwent a series of three treatments applied at one-week intervals. After cleansing the facial skin and disinfecting with Octenisept, the treatments were performed using the split-face method: oxygen microdermabrasion was performed on the right side of the face and micro-needle mesotherapy on the left side. Then a 10% gluconolactone chemical peel solution (INCI: Aqua, glucose delta-lactone, pH = 2,3, product manufactured by CHANTARELLE Laboratory Derm Aesthetics) was applied to the entire face. The oxybrasion was performed using a Criss Hydroxy device, with the head placed approximately 0.5 cm from the skin at a pressure setting of 4.5–5.5 bar, depending on the skin and the treatment area. For microneedling, the Derma N-Skin Pen Symbiosis device disposable sterile cartridges with 18 surgical steel needles were used. Both procedures were performed starting from the forehead, through the eye area, cheeks, chin, nose, and around the mouth, in vertical and horizontal planes. Since oxybrasion is a gentle procedure, three passes with the head were performed. Gluconolactone does not require neutralization; therefore, the product was washed off with lukewarm water.

The study was carried out according to the principles of the Declaration of Helsinki and was approved by the Ethics Committee. All participants gave their informed consent to participate in the study and to publish photographic documentation.

2.5 | Statistical analysis

The IBM SPSS Statistics 27 program was used for statistical analysis. A value of 0.05 was used as the level of significance. The Shapiro-Wilk test was chosen to test whether the data were normally distributed. A group of nonparametric tests for dependent variables was chosen to analyze differences in data distributions between groups: the Wilcoxon

16068686, 2023, 6, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.15353 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [27/06/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

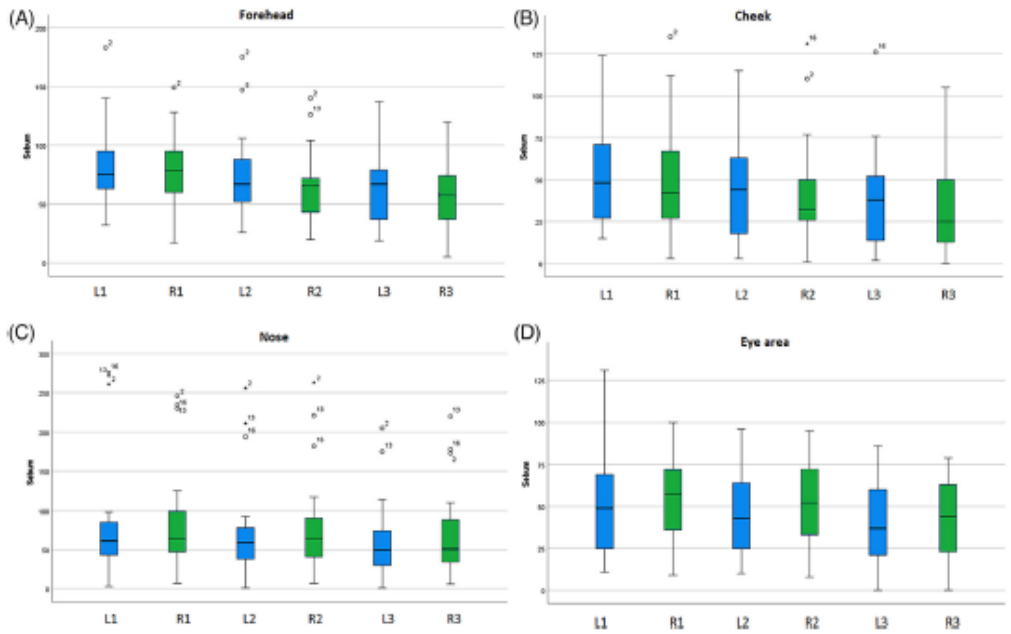


FIGURE 3 Assessment of the (A) forehead, (B) cheek, (C) nose, (D) eye area sebum using Sebumeter. Skin parameters were measured before the first (L1,R1) and fourth (L2,R2) treatments and 2 weeks after the last treatment (L3,R3). L – left side (microneedling plus 10% gluconolactone), R – right side (oxybrasion plus 10% gluconolactone).

rank sum test and the Friedman analysis of variance. The Bonferroni test was chosen as the post hoc test.

3 | RESULTS

3.1 | Hydration

The Corneometer test on the left side showed that there was a significant difference in moisture levels for all the measurement sites. For the forehead, nose, and cheek, the moisture level for the first measurement was significantly lower than for the second and third ones. In the case of the eye area, in particular, the moisture level for the first measurement was the lowest, while there were no significant differences between the second and third measurements.

For the right side, where the chemical peel of gluconolactone with oxybrasion treatment was performed, the hydration level for the forehead, nose and eye area was shown to increase with each treatment and was highest during the third measurement. For the cheek, no significant differences were observed between the first and second measurements; only during the third measurement was a significant increase in epidermal hydration. The results are presented in the diagrams (Figure 2).

3.2 | Sebum

Statistical analysis of the sebumeter measurements showed that the sebum secretion level on the left side for the forehead, eye area, and nose was lowest for the third measurement, that is, after the treatment series was completed. Also on the cheek, a significant difference was found only in the third measurement, and the result was significantly lower than before the beginning of the treatment series.

On the right side, sebum levels on the forehead, nose, and eye area were significantly lower for the third measurement. No statistically significant differences were observed between the first and second measurements. On the cheek, the sebum levels for the first measurement were significantly higher than for the second and third measurements (Figure 3).

3.3 | pH

Statistical analysis showed significant differences in pH values for all measurement sites on both sides of the face. The obtained results are presented in the diagrams (Figure 4). On both the left and right sides on the forehead, nose, cheek and eye area, pH levels decreased with each treatment.

16066666, 2023, 6, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.15553 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [27/06/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

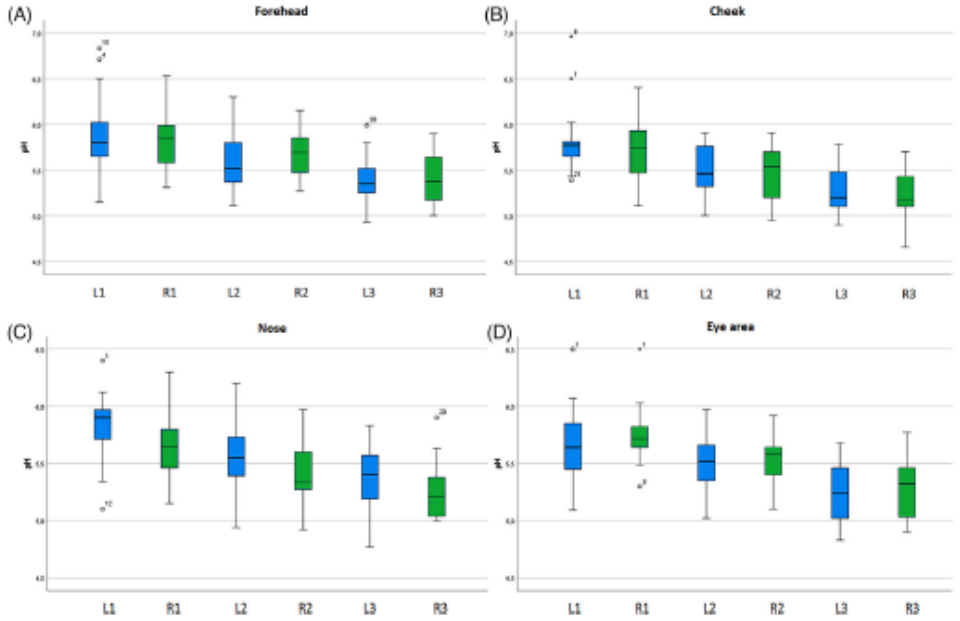


FIGURE 4 Assessment of the (A) forehead, (B) cheek, (C) nose, (D) eye area pH using pH-Meter. Skin parameters were measured before the first (L1,R1) and fourth (L2,R2) treatments and 2 weeks after the last treatment (L3,R3). L – left side (microneedling plus 10% gluconolactone), R – right side (oxybrasion plus 10% gluconolactone).

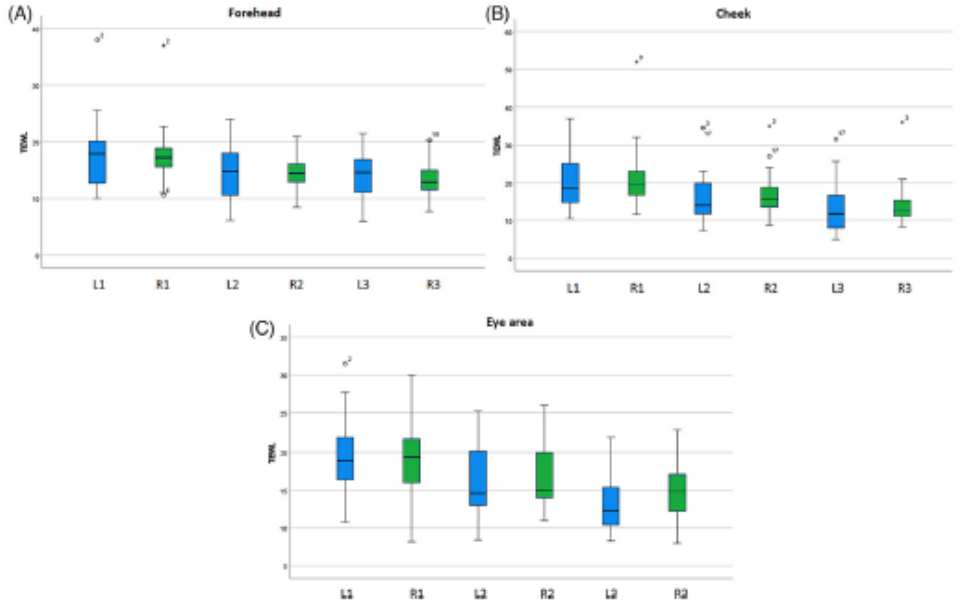


FIGURE 5 Assessment of the (A) forehead, (B) cheek, (C) nose, (D) eye area transepidermal water loss (TEWL) using Tewameter. Skin parameters were measured before the first (L1,R1) and fourth (L2,R2) treatments and 2 weeks after the last treatment (L3,R3). L – left side (microneedling plus 10% gluconolactone), R – right side (oxybrasion plus 10% gluconolactone).

16066846, 2023, 6, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.13555 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [27/05/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

TABLE 1 Statistical analysis of the studied parameters according to the site before, during, and two weeks after the series of micro-needle mesotherapy treatments with 10% gluconolactone.

								Friedman's variance analysis	
		Measurement	Mean value	Median	SD	Min	Max	Statistics	p-Value
Hydration	Forehead	1	50.43	50.60	10.548	19.60	72.00	35.735	<0.001
		2	57.19	55.43	8.391	46.01	79.00		
		3	61.92	59.54	8.342	49.90	81.50		
	Nose	1	26.03	23.40	11.619	11.20	49.50	36.169	<0.001
		2	33.30	32.73	10.281	14.20	55.00		
		3	43.02	42.53	11.772	15.40	65.10		
	Cheek	1	40.95	42.80	13.369	9.00	66.80	32.667	<0.001
		2	48.08	47.90	12.594	7.90	72.00		
		3	53.60	52.30	11.387	19.30	72.53		
	Eye area	1	48.74	46.30	11.392	23.23	69.00	27.928	<0.001
		2	57.02	56.30	11.597	27.45	75.70		
		3	60.64	64.90	11.455	35.60	78.30		
Sebum	Forehead	1	81.52	75.00	35.332	32.00	183.00	25.904	<0.001
		2	74.10	67.00	36.289	26.00	175.00		
		3	64.43	67.00	29.949	19.00	137.00		
	Nose	1	86.38	61.00	80.367	3.00	276.00	26.146	<0.001
		2	76.81	59.00	65.323	1.00	256.00		
		3	62.33	50.00	50.304	1.00	205.00		
	Cheek	1	51.64	48.00	29.666	15.00	124.00	17.429	<0.001
		2	45.40	44.00	31.589	3.00	115.00		
		3	37.96	38.00	30.504	2.00	126.00		
	Eye area	1	52.06	49.00	29.405	11.00	131.00	22.519	<0.001
		2	46.08	43.00	23.965	10.00	96.00		
		3	40.28	37.00	24.137	0.00	86.00		
TEWL	Forehead	1	17.94	17.90	6.339	10.00	38.00	27.714	<0.001
		2	14.59	14.80	4.548	6.10	24.00		
		3	13.80	14.60	3.979	6.00	21.50		
	Cheek	1	20.18	18.50	7.711	10.50	37.00	36.286	<0.001
		2	16.56	14.00	7.350	7.40	34.50		
		3	13.30	11.80	6.859	5.00	31.50		
	Eye area	1	19.46	18.90	4.876	10.80	31.50	27.524	<0.001
		2	16.46	14.60	5.121	8.40	25.20		
		3	13.42	12.30	3.935	8.30	22.00		
pH	Forehead	1	5.92	5.80	0.426	5.15	6.83	40.095	<0.001
		2	5.60	5.52	0.316	5.11	6.30		
		3	5.40	5.35	0.255	4.93	5.99		
	Nose	1	5.80	5.90	0.318	5.10	6.40	40.095	<0.001
		2	5.54	5.55	0.306	4.94	6.20		
		3	5.39	5.40	0.268	4.77	5.83		
	Cheek	1	5.81	5.77	0.356	5.39	6.96	34.048	<0.001
		2	5.51	5.46	0.270	5.00	5.91		
		3	5.26	5.20	0.245	4.90	5.78		
	Eye area	1	5.67	5.64	0.331	5.09	6.50	35.880	<0.001
		2	5.50	5.52	0.238	5.02	5.97		
		3	5.25	5.24	0.242	4.83	5.68		

16000846, 2021, 6, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.13353 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [27/05/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

TABLE 2 Statistical analysis of the studied parameters according to the site before, during, and two weeks after the series of oxybrasion treatments with 10% gluconolactone.

								Friedman's variance analysis	
		Measurement	Mean value	Median	SD	Min	Max	Statistics	p-Value
Hydration	Forehead	1	51.35	52.63	10.021	32.30	70.00	33.904	<0.001
		2	55.28	54.50	9.240	40.90	72.60		
		3	60.08	58.10	8.335	48.80	76.12		
	Nose	1	26.1	29.9	11.441	11.0	46.4	34.381	<0.001
		2	35.93	37.30	10.346	14.40	50.00		
		3	43.07	42.37	13.262	16.50	67.60		
	Cheek	1	38.43	42.13	12.419	7.00	65.80	31.143	<0.001
		2	46.35	48.40	9.457	29.60	62.70		
		3	52.88	53.80	11.152	31.70	69.00		
	Eye area	1	50.13	50.70	10.210	25.00	71.60	42.000	<0.001
		2	56.78	56.60	11.768	27.01	73.10		
		3	64.05	69.70	12.753	39.68	80.00		
Sebum	Forehead	1	75.57	79.00	32.491	17.00	149.00	20.519	<0.001
		2	67.10	66.00	30.666	20.00	140.00		
		3	56.81	57.00	27.491	5.00	120.00		
	Nose	1	86.62	63.00	69.770	7.00	246.00	18.317	<0.001
		2	79.10	63.00	67.296	7.00	263.00		
		3	71.81	51.00	57.577	6.00	220.00		
	Cheek	1	49.46	42.00	33.486	3.00	135.00	21.133	<0.001
		2	42.60	32.00	31.878	1.00	131.00		
		3	35.70	25.00	30.572	0.00	105.00		
	Eye area	1	54.76	57.00	26.653	9.00	100.00	23.301	<0.001
		2	50.72	52.00	25.447	8.00	95.00		
		3	41.58	44.00	24.331	0.00	79.00		
TEWL	Forehead	1	17.72	17.20	5.447	10.60	37.00	24.747	<0.001
		2	14.74	14.40	3.172	8.40	20.90		
		3	13.59	12.90	3.324	7.70	20.30		
	Cheek	1	21.29	19.50	8.485	11.70	52.00	33.238	<0.001
		2	16.90	15.50	6.144	8.70	35.00		
		3	14.12	12.40	6.019	8.30	36.00		
	Eye area	1	19.14	19.40	4.985	8.20	30.00	26.000	<0.001
		2	16.90	14.90	4.485	11.00	26.00		
		3	15.10	14.80	4.206	8.00	23.00		
pH	Forehead	1	5.84	5.85	0.327	5.31	6.53	34.667	<0.001
		2	5.65	5.69	0.249	5.27	6.15		
		3	5.38	5.37	0.273	5.00	5.90		
	Nose	1	5.63	5.65	0.299	5.15	6.30	34.667	<0.001
		2	5.40	5.34	0.249	4.92	5.97		
		3	5.25	5.21	0.232	5.00	5.90		
	Cheek	1	5.70	5.74	0.328	5.11	6.40	30.902	<0.001
		2	5.47	5.54	0.301	4.95	5.91		
		3	5.22	5.16	0.254	4.66	5.70		
	Eye area	1	5.75	5.72	0.248	5.30	6.50	38.095	<0.001
		2	5.51	5.59	0.211	5.10	5.92		
		3	5.30	5.32	0.272	4.90	5.77		

16000846, 2022, 6, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.13355 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [27/06/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

FIGURE 6 Forty-two years old female probant before (A) and 2 weeks after (B) the treatment series.

FIGURE 7 Forty-two years old female probant before and 2 weeks after 10% gluconolactone with microneedling (A and B) and before and after 10% gluconolactone with oxybrasion (C and D).

16468046, 2022, 6, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.15333 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [27/05/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

FIGURE 8 Thirty-nine years old female probant before (A) and 2 weeks after (B) the treatment series.

3.4 | TEWL

For the parameter of transepidermal water loss with microneedling treatments combined with gluconolactone, significant differences were observed on the forehead, cheek, and eye area. At the aforementioned measurement sites, the TEWL level for the first measurement was significantly higher than that for the second and third measurements. There were no statistically significant differences between the second and third measurements on the forehead. The results are presented in the graphs (Figure 5).

The TEWL level for the right side of the forehead and the eye area did not change during the first two measurements, while a significant decrease in this parameter was found for the third measurement, that is, after the end of the treatment series. For the cheek, the decrease in TEWL was significantly noticeable at the second measurement, and the level was also maintained at the last measurement.

3.5 | Comparision of treatments

After the treatment series, between the sites there were no statistically significant differences in measurements for most of the parameters and almost all the measurement sites. It was observed that there was a significant difference between the right and left sides of TEWL for the eye. The decreases in the TEWL values for the left side were significantly greater than the decreases in TEWL values for the right side. Statistical analysis of the studied parameters according to the site before, during and after the series of treatments is shown in Tables 1 and 2.

3.6 | Photo documentation

In photos taken with the Fotomedicus system (Elfo) (Figures 6–9) under the same lighting conditions, the improvement of the skin condition can be manifested as the following:

1. reduction of inflammatory changes,
2. unification of skin texture,
3. reduction of acne lesions,
4. reduction of fine wrinkles.

4 | DISCUSSION

In the available publications, there are no studies on the use of chemical peeling of gluconolactone in combination therapies with oxygen microdermabrasion or skin micropuncture. Several authors describe the combination of diamond or aluminium microdermabrasion with lactobionic acid, lactic acid and their mixtures, as well as chemical peels with micro-needle mesotherapy.[2,4] The properties of each of these treatments individually are also well-known.

In our study, measurements with the Corneometer CM 825 probe, Courage (Courage + Khazaka electronic GmbH, Cologne, Germany) showed a significant increase in skin hydration following application of both techniques: gluconolactone in combination with oxybrasion and with superficial microneedling of the skin with the Derma Skin Pen. Previous in-house studies of water-oxygen microdermabrasion [5] and a series of treatments using two concentrations of gluconolactone [9] also reported an increase in hydration of the superficial layers of the

16060846, 2023, 6, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.15559 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [27/09/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

FIGURE 9 Thirty-nine years old female probant before and 2 weeks after 10% gluconolactone with microneedling (A and B) and before and after 10% gluconolactone with oxybrasion (C and D).

skin. Gluconolactone has the property of "attracting" water molecules, which is due to the presence of as many as four hydroxyl groups in its structure: this substance acts as a humectant. Furthermore, gluconolactone is converted to gluconic acid during the hydrolysis reaction, increasing therefore the number of hydroxyl groups and its ability to bind to water.[19-21]

A series of original treatments that combined gluconolactone with oxybrasion and skin microneedling resulted in a decrease in sebum levels at all measurement sites, which may be related to the strengthening of the epidermal barrier by gluconolactone. It also reduced inflammatory lesions and contributed to the alleviation of acne lesions. Gluconolactone strengthens the epidermal barrier, reduces inflammatory lesions and produces antiacne effects. Hunt et al. showed that a lotion with 14% gluconolactone compared to 5% benzoyl peroxide (commonly used to treat acne) shows greater efficacy and does not cause irritation.[11,22,23] Both microneedle mesotherapy and hydrogen peroxide microdermabrasion promote the penetration of the active ingredient. Additionally, during the oxybrasion treatment, an oxygen environment is produced on the epidermal surface, which can contribute to a decrease in C. acnes, that is, anaerobic bacteria.[5,7,24-26]

16069946, 2023, 6, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.15335 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [27/06/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

In a previous self-study, statistical analysis showed that oxygen microdermabrasion alone did not significantly affect the TEWL parameter.[5] In the current study, a significantly statistical decrease in transepidermal water loss was observed after the completion of the treatment series compared to measurements taken before the first treatment on both the microdermabrasion and microneedling sides. Oxybrasion can enhance the properties of the active ingredient. Gluconolactone may contribute to reducing TEWL. It is important to note that gluconolactone is produced from glucose, which forms a delicate film on the surface of the skin, sealing the hydrolipid barrier and preventing the evaporation of water from the epidermis.[19,20,25,26] Berardesca et al. conducted a study in which participants applied four formulations containing 8% glycolic acid, 8% tartaric acid, 8% gluconolactone, and 8% lactic acid, respectively, to the skin for four weeks, twice daily. In the fourth week, 5% SLS was applied to the studied areas under a 6-h occlusion. The study evaluated the effect of hydroxy acids on the skin barrier and showed that the sites where gluconolactone was applied had the lowest TEWL values.[27] Skin microneedling also has an effect on the TEWL parameter. Robati et al. showed that dermapen treatment was effective in reducing transepidermal water loss.[28]

In the pH assessment in our study, a significant decrease in this parameter was observed during and after the study. In this case, both treatments were also found to contribute to lowering of the pH of the skin, while no statistically significant differences were identified between the use of gluconolactone in combination with oxybrasion and micro-needle mesotherapy. Researchers emphasize that in the treatment of inflammatory dermatoses, it is essential to create an acidic environment on the skin surface.[29]

Photographic documentation comparing skin condition before and after treatments showed a significant improvement in skin texture, smoothing and brightening. This may be related to improved hydration and strengthening of the hydrolipid barrier.

5 | CONCLUSIONS

Combination treatments based on a series of procedures with 10% gluconolactone and oxybrasion of the same peel with micro-needle mesotherapy showed:

1. normalization of the lipid coat of the skin,
2. reduction of transepidermal water loss,
3. lowering of pH,
4. increase in hydration of the stratum corneum.

Both treatments show high efficacy; however, no significant differences were observed between the techniques.

ACKNOWLEDGMENTS

The study was supported by statutory research activity number: 503/3- 066-01/503-31-001-19-00.

FUNDING INFORMATION

Medical University of Lodz, Grant Number: 503/3-066-01/503-31-001-19-00.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors report no declaration of interest. The authors themselves are responsible for content and writing of the paper.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

All data generated or analyzed as part of this study are included in this article. Further inquiries can be directed to the corresponding author.

ORCID

Sylwia Jarząbek-Perz https://orcid.org/0000-0001-8662-214X

REFERENCES

1. Algiert-Zielińska B, Batory M, Skubalski J, Rotsztejn H. Evaluation of the relation between lipid coat, transepidermal water loss, and skin pH. *Int J Dermatol*. 2017;56(11):1192–1197
2. Maciuszek-Malinowska S, Bezymska K, Chilicka K, Rusztowicz M, Adamczyk E, Koznarska- Buczkowska A. The effects of combined diamond microdermabrasion and a mixture of cosmetic acids on the condition of acne prone skin: a case report. *Med Sci Pulse*. 2021;15(4):1-11. doi:10.5604/01.3001.0015.5924
3. Abdel-Motaleb AA, Abu-Dief EE, Hussein MRA. Dermal morphological changes following salicylic acid peeling and microdermabrasion. *J Cosmet Dermatol*. 2017;16:e9-e14.
4. Algiert-Zielińska B, Mucha P, Rotsztejn H. Effects of lactobionic acid peel, aluminum oxide crystal microdermabrasion, and both procedures on skin hydration, elasticity, and transepidermal water loss. *J Cosmet Dermatol*. 2019;18:1463–1474. doi:10.1111/jocd.12859
5. Jarząbek S, Rotsztejn H. Effect of oxybrasion on selected skin parameters. *J Cosmet Dermatol*. 2021;20:657–663. doi:10.1111/jocd.13557
6. Bernstein EF, Brown DB, Schwartz MD, Kaidbey K, Ksenzenko SM. The polyhydroxyacid gluconolactone protects against ultraviolet radiation in an in vitro model of cutaneous photoaging. *Dermatol Surg*. 2004;30(2/1):196.
7. Chilicka K, Rogowska AM, Szyguła R, Rusztowicz M, Nowicka D. Efficacy of oxybrasion in the treatment of acne vulgaris: a preliminary report. *J Clin Med*. 2022;11:3824. doi:10.3390/jcm11133824
8. Cock IE. Growth inhibitory properties of scaevola spinescens R.Br. leaf extracts against the acne vulgaris causing bacterium cutibacterium acnes. *Pharmacogn Commn*. 2022;12(3):97-102.
9. Jarząbek-Perz S, Mucha P, Rotsztejn H. Corneometric evaluation of skin moisture after application of 10% and 30% gluconolactone. *Skin Res Technol*. 2021;27:925–930. doi:10.1111/srt.13044
10. Kantikosum K, Chongpison Y, Chottawornsak N, et al. The efficacy of glycolic acid, salicylic acid, gluconolactone, and licochalcone A combined with 0.1% adapalene vs adapalene monotherapy in mild-to-moderate acne vulgaris: a double-blinded within-person comparative study. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2019;19(12):151-161.
11. Hunt MJ, Barnetson RS. A comparative study of gluconolactone versus benzoylperoxide in the treatment of acne. *Australas J Dermatol*. 1992;33(3):131-134.
12. Grimes PE, Green BA, Wildnauer RH, et al. The use of polyhydroxy acids (PHAs) in photoaged skin. *Cutis*. 2004;73(2):4-12.
13. Draelos ZD, Green BA, Edison BL. An evaluation of a polyhydroxy acid skin care regimen in combination with azelaic acid 15% gel in rosacea patients. *J Cosmet Dermatol*. 2006;5:23-29.

16004644, 2023, 6, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.13557 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [27/06/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

14. Zdunska K, Kołodziejczak A, Rotsztejn H. Is skin microneedling a good alternative method of various skin defects removal. *Dermatologic Therapy*. 2018;31:e12714. doi:10.1111/dth.12714
15. Ibrahim MK, Ibrahim SM, Salem AM. Skin microneedling plus platelet-rich plasma versus skin microneedling alone in the treatment of atrophic post acne scars: a split face comparative study. *J Dermatol Treat*. 2018;29:281–286. doi:10.1080/09546634.2017.1365111
16. Sharad J. Combination of microneedling and glycolic acid peels for the treatment of acne scars in dark skin. *J Cosmet Dermatol*. 2011;10:317–323.
17. Chawla S. Split face comparative study of microneedling with PRP versus microneedling with vitamin C in treating atrophic post acne scars. *J Cutan Aesthet Surg*. 2014;7:209-12.
18. Šuca H, Zajicek R, Vodsloň Z. Microneedling – a form of collagen induction therapy – our first experiences. *Acta Chirurgiae Plasticae*. 2017;59:33–36.
19. Gentili G, Perugini P, Bugliaro S, D'Antonio C. Efficacy and safety of a new peeling formulated with a pool of PHAs for the treatment of all skin types, even sensitive. *J Cosmet Dermatol*. 2023;22(2):517-528. doi:10.1111/jocd.1521
20. Lodén M. Biophysical properties of dry atopic and normal skin with special reference to effects of skin care products. *Acta Derm Venereol Suppl (Stockh)*. 1995;192:1-48.
21. Sonoki Y. Pham Q. Sparr E. Beyond Additivity: a mixture of glucose and NaCl can influence skin hydration more than the individual compounds. *JCIS*. 2022; 613:554–562.
22. Kantikosum K. Chongpison Y. Chottawornsak N. Asawanonda P. The efficacy of glycolicacid, salicylicacid, gluconolactone, and licochalcone A combined with 0.1% adapalene vs adapalene monotherapy in mild-to-moderate acne vulgaris: a double-blindedwithin-person comparativestudy. *Clinical Cosmetic and Investigational Dermatology*. 2019;19(12):151–161.
23. Tasić-Kostov M, Lukić M, Savić S. A 10% lactobionic acid-containing moisturizer reduces skin surface pH without irritation—an in vivo/in vitro study. *J Cosmet Dermatol*. 2019;18:1705–1710. doi:10.1111/jocd.12908
24. Perry AL, Lambert PA. Propionibacterium acnes. *Lett Appl Microbiol*. 2006;42:185–188.
25. Green B. After 30 years the future of hydroxyacids. *J Cosmet Dermatol*. 2005;4:44–45.
26. Arct J, Kołodziejczyk M. Polihydroksykwasy w kosmetyce. *Dermatologia Estetyczna*. 2015;17(6):308–311.
27. Berardesca E, Distante F, Vignoli GP, Oresajo C, Green B. Alpha hydroxyacids modulate stratum corneum barrier function. *Br J Dermatol*. 1997;137:934-938.
28. Robati RM, Hamedani B, Namazi N, Niknejad N, Ghelsari M. Efficacy of microneedling versus fractional Er:YAG laser in facial rejuvenation. *J Cosmet Dermatol*. 2020;19:1333–1340. doi:10.1111/jocd.13440
29. Ali SM, Yosipovitch G. Skin pH: from basic science to basic skin care. *Acta Derm Venereol*. 2013;93:261-267.

How to cite this article: Jarząbek-Perz S, Dziedzic M, Kołodziejczak A, Rotsztejn H. Split-face evaluation: Gluconolactone plus oxybrasion versus gluconolactone plus microneedling. The effects on skin parameters. *Skin Res Technol*. 2023;29:e13353. https://doi.org/10.1111/srt.13353

16068846, 2023, 6, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/srt.13353 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [27/06/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

Received: 23 March 2023 | Revised: 19 May 2023 | Accepted: 1 June 2023
DOI: 10.1111/jocd.15864

ORIGINAL ARTICLE

JCD Journal of Cosmetic Dermatology WILEY

Evaluation of the effects of 10% and 30% gluconolactone chemical peel on sebum, pH, and TEWL

Sylwia Jarząbek-Perz MSc | Marta Dziedzic MSc | Helena Rotsztejn MD | Anna Kołodziejczak PhD

Department of Cosmetology and Aesthetic Dermatology, Faculty of Pharmacy, Medical University of Łódź, Łódź, Poland

Correspondence
Sylwia Jarząbek-Perz, Department of Cosmetology and Aesthetic Dermatology, Faculty of Pharmacy, Medical University of Lodz, Muszyńskiego 1, Lodz 90-151, Poland.
Email: sylwia.jarzabek@stud.umed.lodz.pl

Funding information
Uniwersytet Medyczny w Lodzi

Abstract

Background: Gluconolactone (GLA) exhibits antioxidant and moisturizing effects. It also presents soothing effects, protects elastin fibers from UV-induced degradation, and improves the function of the skin barrier.

Aims: Evaluation of skin parameters such as pH, transepidermal water loss (TEWL), sebum levels before, during, and after a series of applications of 10% and 30% GLA chemical peel in a split-face model.

Materials and Methods: The study involved 16 female subjects. Three split-face procedures were performed using two concentrations of GLA solution applied on two sides of the face. The skin parameters were measured before treatments and 7 days after the last procedure at four measurement sites on either side of the face, that is, on the forehead, around the eye, on the cheek, and on the nose wing.

Results: Measurement of sebum demonstrated some statistically significant changes between sebum levels in the cheeks after a series of treatments. The pH measurement showed that the pH value was reduced after each treatment at all measurement points. The level of TEWL after treatments was significantly lower around the eyes, on the left forehead, and on the right cheek. There were no significant differences between the use of different concentrations of the GLA solution.

Conclusions: The results of the study show that GLA has a significant influence on lowering skin pH and TEWL. GLA also has seboregulatory properties.

KEYWORDS
gluconolactone, pH, polyhydroxy acids, sebum, TEWL

1 | BACKGROUND

The skin provides a barrier to potentially harmful external factors, with a particular focus on protection against water loss and infection. The quality of the barrier can be assessed using objective instrumental measurements that determine skin parameters such as transepidermal water loss (TEWL), pH, hydration, and sebum level. Barrier disorders are influenced by the use of chemicals, irritants, excessive degreasing (which can affect the increase in TEWL), as well as internal factors, allergies, hormonal disorders, dietary deficiencies, and dermatological diseases.[1,2]

Polyhydroxy acids (PHAs) belong to organic carboxylic acids. In a PHA molecule, two or more hydroxyl groups are attached to carbon atoms of an alicyclic or aliphatic chain. Acidity is ensured by the

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
© 2023 The Authors. *Journal of Cosmetic Dermatology* published by Wiley Periodicals LLC.

presence of a carboxyl group because the hydroxyl groups in the PHA molecule are neutral.[3]

Gluconolactone (GLA), 3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl) oxan-2-one ($C_6H_{10}O_6$)), is an oxidized glucose lactone derivative. The molecule is a tetrahydropyrate ring substituted directly with one ketone group, three hydroxyl groups, and one hydroxymethyl group (Figure 1). In nature, GLA can be found in honey, tofu, cheese, wine, bread, fruit juices, among others, as a food additive with the European number E575.[4] GLA and other PHAs can be formed as internal metabolites or intermediates of carbohydrate metabolism in tissues, for example, from glucose in the pentose phosphate pathway in the process of nucleic acid biosynthesis from ribose.[5]

Alpha hydroxy acids (AHAs) and PHAs can modulate the function of the skin barrier. PHAs are becoming increasingly popular because, compared to AHAs, they are less prone to irritation during application, so they can be an alternative for sensitive skins, such as those with rosacea or atopy. GLA exhibits antioxidant and moisturizing effects. It protects elastin fibers from UV-induced degradation, but due to the poor absorption of radiation by the compound itself, this action is attributed to its chelating abilities and antioxidant potential.[5–8]

The purpose of this study is to assess the effect of GLA in the form of a 10% and 30% chemical peel on selected skin parameters such as pH, sebum, and TEWL.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 | Materials

The study involved 16 healthy female subjects. All participants were instructed not to change their daily care for the duration of the study. Additionally, approximately 12 h before each examination, they were asked not to apply any cosmetic products. The subjects had no contraindications to the treatments. They were asked to refrain from other cosmetic and dermatological treatments of the facial skin during the study.

2.2 | Methods

Three procedures were carried out at weekly intervals. GLA solution was applied based on a split-face model: 30% chemical peel (INCI: Aqua, gluconodelta-lactone, pH = 1.5) on the right side and 10% (INCI: Aqua, glucose delta-lactone, pH = 2.3) on the left side of the face. Three layers of GLA chemical peeling were applied at intervals of several minutes (the total treatment time was 20 min) and then washed with water.

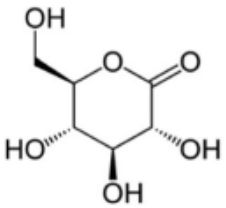


FIGURE 1 Chemical structure of gluconolactone.

2.3 | Evaluation of efficacy

Skin parameters were measured at weekly intervals using the probes (Sebumeter® SM 815, pH-Meter® PH 905, Tewameter® TM 300) of the Courage & Khazaka 580 Multi Probe Adapter device (Courage + Khazaka electronic GmbH). Measurements were taken before each treatment and 7 days after the last procedure. The measurement points on both sides of the face were the following:

1. on the forehead (about 2 cm above the eyebrow, in a straight line from the center of the pupil of the eye),
2. around the eye (about 2 cm in a straight line from the outer corner of the eye),
3. on the cheek (at the level of the wing of the nose, at points between the pupil and the outer angle of the eye),
4. in the nose wing (due to the high sensitivity of the tewameter probe, this parameter was not measured on the nose).

The evaluations were carried out according to the EEMCO guidelines. All measurements were carried out with a 15-min preexamination acclimatization in the measurement room, with constant temperature (24–26°C) and humidity (33%–41%).

The study was approved by the Ethics Committee and followed the principles of the Declaration of Helsinki. All respondents gave their informed consent to participate in the study.

2.4 | Statistical analysis

Statistical analysis was performed using the IBM SPSS Statistics 28 program. A value of 0.05 was used as the level of significance. The Shapiro–Wilk test was chosen to test whether the data were normally distributed. To examine changes in data distributions between groups, a group of nonparametric tests for the dependent variables was chosen (due to the lack of normal distribution in most subgroups): the Wilcoxon Rank-Sum test for two groups and Friedman analysis of variance for the number of groups greater than 2 (the Bonferroni test was chosen as the post hoc test).

3 | RESULTS

The results of the tests were used to evaluate the effect of GLA in the form of a chemical peel on the following skin parameters: sebum level, TEWL, and pH. Results were considered including the percentage concentration and the location of the measurement. Statistical analysis

14732165, 0, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.15964 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [20/06/2025]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

showed significant changes in measurements before, during, and after the treatment series (10% GLA—left side [L], 30% GLA—right side [R]):

- pH:
  - forehead (L—$p<0.001$, R—$p=0.001$),
  - eye area (L—$p<0.001$, R—$p=0.001$),
  - cheek (L—$p=0.030$, R—$p=0.006$),
  - nose (both sides $p<0.001$).
- TEWL:
  - left forehead ($p=0.026$),
  - right cheek ($p<0.001$),
  - eye area on both sides of the face (L—$p=0.020$, R—$p=0.026$).
- Sebum:
  - cheeks (both sides—$p=0.013$).

3.1 | pH

The results on the forehead, for the first pH measurement on both sides of the face, were shown to be significantly higher than for the third (left side $p=0.024$, right side $p=0.005$) and fourth ($p<0.001$ right and left sides), and for the second measurement the results were much higher than for the fourth measurement (left side $p=0.001$, right side $p=0.017$).

For the eye area on the left side, there was a significant decrease in pH at measurement 3 ($p=0.020$) and 4 ($p<0.001$) compared to the first measurement. The pH also decreased on the right side of the face in the eye area, but a significant difference compared to the first measurement was observed only after the treatment series was complete. The results for the fourth measurement were much lower than those for the first ($p<0.001$), second ($p=0.006$), and third ($p=0.047$).

On the left cheek, the results for the first measurement were significantly higher than for the third ($p=0.047$) and fourth ($p=0.005$). On the right side, the results for the fourth measurement were significantly lower than for the first ($p=0.001$) and the second ($p=0.009$).

On both the left and right sides of the nose, pH showed a decreasing trend in the third (left side $p<0.001$; right side $p=0.002$) and fourth measurements ($p<0.001$ for both sides).

Detailed results for pH measurements are presented in Figure 2.

3.2 | TEWL

The level of TEWL for the left forehead was much lower during the fourth measurement than during the other measurements ($p=0.009$). The results obtained are shown in the diagram (Figure 3).

A decrease in TEWL was also shown for the right cheek. The results for the fourth measurement were significantly lower than for the first ($p=0.003$), second ($p=0.001$), and third ($p<0.001$) measurements (Figure 4).

Statistical analysis of the TEWL parameter for the eye area on both sides of the face showed significant differences in measurements with a decreasing trend. For the left side, the results for the fourth measurement were much lower than for the second ($p=0.004$) and third ($p=0.020$), while on the right side, the results for the fourth measurement were significantly lower than for the first ($p=0.003$), second ($p=0.001$), and third ($p<0.001$). The results are presented in graphs (Figure 5).

3.3 | Sebum

Statistical analysis for the skin oiliness level parameter showed significant differences at one measurement site on both sides of the face. For both the left and right cheeks, the results for the fourth measurement were significantly lower than for the first measurement (left side $p=0.006$, right side $p=0.003$) (Figure 6).

4 | COMPARISON OF 10% AND 30% GLUCONOLACTONE

Statistical analysis revealed that there were no significant differences among the measurements 1 and 4 for all parameters studied and at all measurement sites (Table 1).

5 | DISCUSSION

GLA (D-gluconic acid-delta-lactone ($C_6H_{10}O_6$)) is a chelating and skin conditioner agent. Physiologically, GLA participates in a number of enzymatic reactions.

PHAs can be assumed to be the next generation of AHAs. PHAs include lactobionic acid and GLA, which have larger molecules than AHAs, allowing weaker skin penetration and nonirritating exfoliation. PHAs also contain antioxidant and humectant properties; furthermore, they improve the barrier functions of the stratum corneum. Therefore, PHAs provide skin-smoothing benefits without sensory irritating side effects like stinging and burning.[9] PHAs can be used for acne, sensitive skin, rosacea, atopic dermatitis, after cosmetic procedures, or as an aesthetic treatment with therapeutic value. For example, GLA can be used in combination with, for example, retinoids, azelaic acid, or procedures such as non-ablative laser, microneedling, chemical peels, or microdermabrasion, hydrogen purification to enhance the therapeutic effect, or provide additional benefits to therapy.[9,10]

Hydrolytic (water-dependent) enzymes break down corneodesmosomes in the skin, and in conditions of low skin moisture, these enzymes do not work properly and their activity decreases. There is a decrease in the hydration and accumulation of stratum corneum corneocytes. Therefore, an improvement in skin hydration is achieved through the use of active substances that stimulate the exfoliation process and the formation of the skin barrier. GLA shows a beneficial effect on the skin as it has TEWL-reducing properties and is very well tolerated. GLA includes several hydroxide groups

14732165, 0, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.15966 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [20/06/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

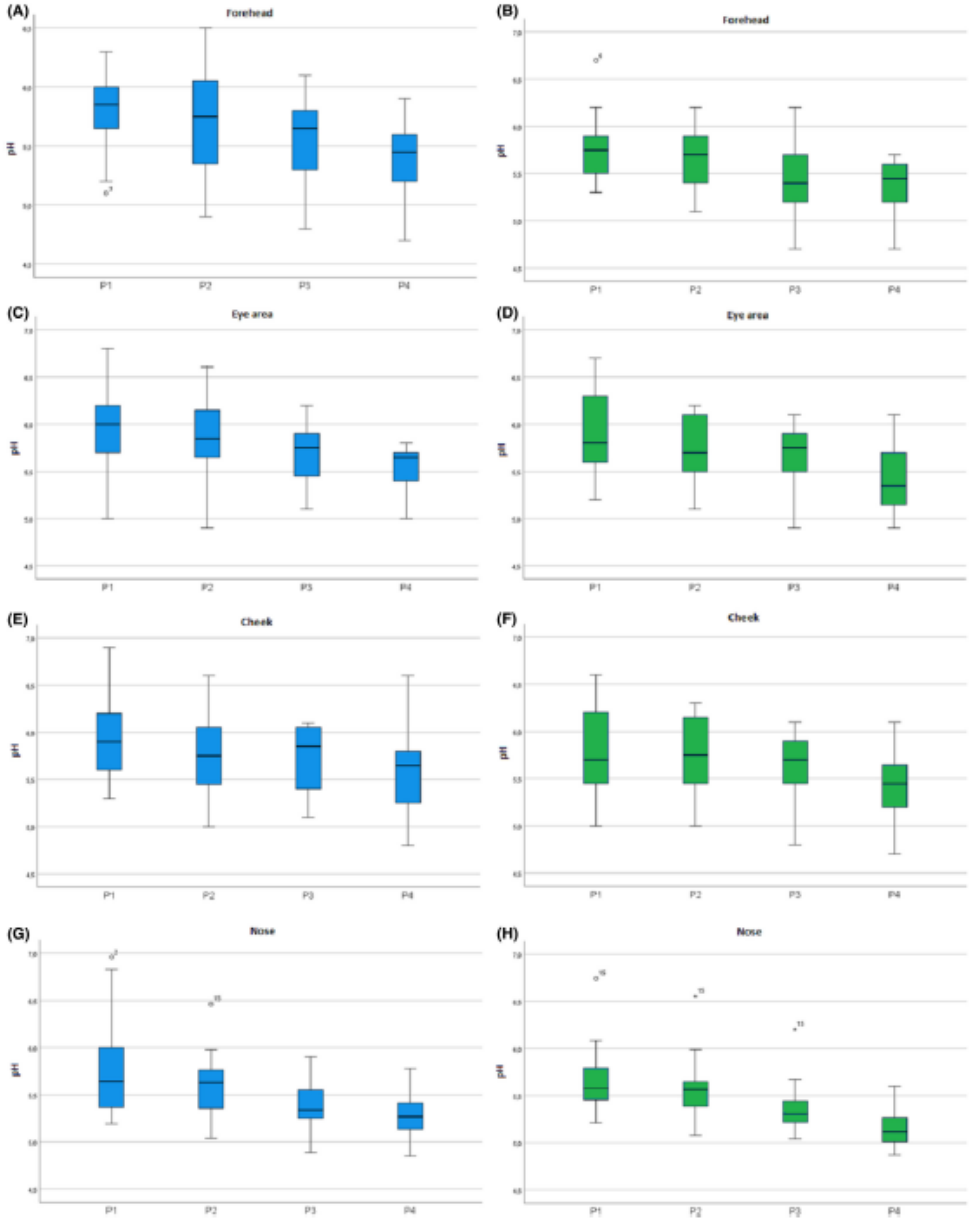


FIGURE 2 Evaluation of the pH of the locations examined for 10% gluconolactone (GLA) chemical peel (A,C,E,G) and 30% GLA chemical peel (B,D,F,G). * means extreme values, º means outliers.

14732165, 0, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.13866 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [20/06/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

(-OH) that form hydrogen bonds with water. Thus, molecules of water are retained around GLA.[11] Berardesca et al. investigated the effects of the application of alpha and PHAs, including GLA, on the function of the skin barrier, which is reflected in TEWL measurements, among others. Application for 4 weeks of the respective formulations resulted in lower TEWL values compared to the control sample. Furthermore, after SLS provocation, a significant increase in TEWL levels was obtained in all groups; however, the subgroups treated with GLA and tartaric acid had a lower increase than the others, indicating that regular use of a GLA formulation can reduce the sensitivity of the skin barrier to irritant damage.[5] In our study, the decrease in the TEWL measurement values was statistically significant in the eye area, the forehead (left side), and for the right cheek. It should be noted that a decrease in TEWL values was observed for all measurement points (for the right and left sides). Thus, even a nonstatistical but homogeneous decreasing trend may indicate TEWL-reducing properties for GLA regardless of the concentration as well. As is well-known, chronic dry skin increases susceptibility to adverse effects of physical (temperature, UV radiation, wind, and microtrauma), chemical (detergents and water), or biological (microorganisms) factors. We have shown a decrease in the TEWL values, so we can point to a strengthening of the epidermal barrier and thus protective properties against UV. In addition, GLA has antioxidant properties. Bernstein et al. in an in vitro transgenic model of cutaneous photoaging, showed that GLA provided some UV ray protection. It was found that its protective effect may be due to its ability to function as a chelating agent (and its ability to eliminate free radicals).[7] Furthermore, compared to glycolic acid (GA), GLA did not show a sun-sensitizing effect in the sunburn cell model.[8] The lower effect of the irritant compared to GA is believed to be due to its molecular size (GLA molecular weight 178, where GA is 76).[12]

Kuwano et al. carried out measurements of skin properties, that is, TEWL was evaluated using Tewameter TM300 and, in addition, skin hydration was measured using a Corneometer CM825. Volunteers were randomly assigned to the placebo group or the glucono-δ-lactone (GDL) group (2000 mg Day 1). Subjects took GDL orally for 6 months. No significant treatment effect on skin hydration was found. However, dietary GDL increased ceramides and free fatty acids in stratum corneum by 27.9% and 26.4%, respectively, compared to baseline. GLA significantly increased the values of the cutometrical parameters of the elasticity and viscoelasticity. Therefore, dietary GDL could improve skin barrier function, elasticity, and viscoelasticity. Comparing the results of our own study with those above on the use of oral GLA, we can conclude that topical GLA has a moisturizing effect on the most superficial layers of the

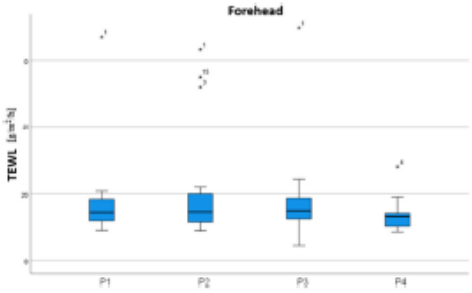


FIGURE 3 TEWL assessment of the forehead for 10% gluconolactone. * means extreme values, ° means outliers.

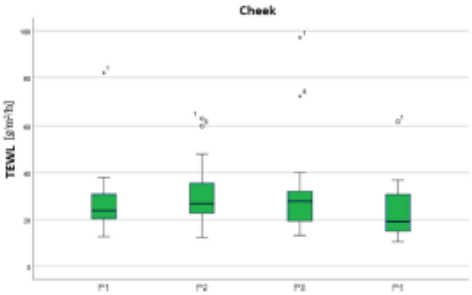


FIGURE 4 TEWL assessment of the cheek for 30% gluconolactone. * means extreme values, ° means outliers.

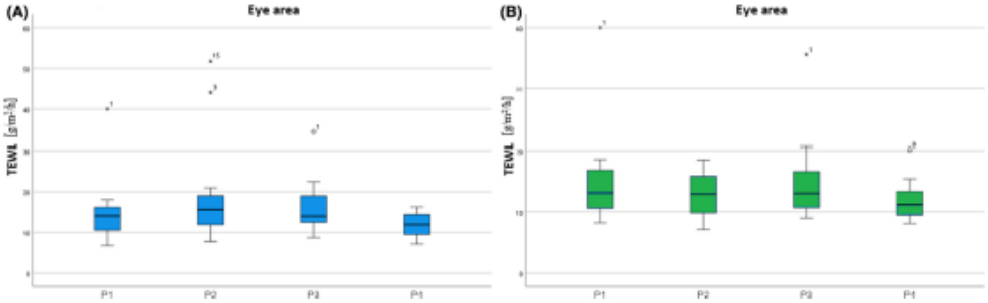


FIGURE 5 Evaluation of TEWL for the eye area: (A) left side and (B) right side. * means extreme values, ° means outliers.

14732165, 0, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.15866 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [26/06/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

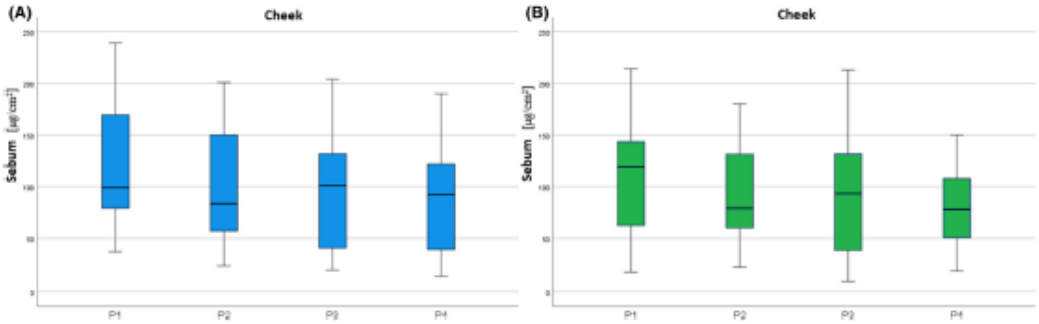


FIGURE 6 Evaluation of the sebum level of the cheeks using a Sebumeter for the left side (A) and the right side (B).

TABLE 1 Comparative analysis for 10% and 30% gluconolactone (GLA) including measurement locations.

	Measurement	Concentration of GLA	Mean value	Median	SD	Min	Max	Wilcoxon rank test	
								Statistics	*p*-Value
Forehead	1–4	10%	0.43	0.40	0.396	−0.70	1.00	−0.629	0.530
		30%	0.39	0.20	0.464	−0.10	1.50		
Eye area	1–4	10%	0.48	0.46	0.541	−0.70	1.80	−0.280	0.779
		30%	0.50	0.50	0.501	−0.30	1.60		
Cheek	1–4	10%	0.36	0.30	0.583	−0.80	1.60	0.575	0.565
		30%	0.37	0.45	0.659	−1.10	1.60		
Nose	1–4	10%	0.49	0.36	0.405	−0.03	1.56	1.320	0.187
		30%	0.53	0.46	0.255	0.10	1.14		

skin (reducing TEWL) and oral GLA has a stronger effect on strengthening the layers of the dermis by improving the viscoelasticity of the skin by improving the quality of the interstitial fluid throughout the fibrous network.[13]

In skin care processes, it should also be borne in mind that the acidic pH of the skin's mantle affects the proper course of physiological processes, such as lipid barrier formation and stratum corneum homeostasis (pH-dependent enzyme work, exfoliation, and antimicrobial defense). Proper pH regulation is necessary to prevent infections and reduce the susceptibility of the skin to inflammation. Additionally, it is important to maintain skin smoothness. Aesthetic treatments with a pH greater than 7 can weaken the skin barrier. The elderly in particular should benefit from treatments with a pH between 4 and 7, as older skin is slower to recover from alkaline damage. In our study, we used GLA as a chemical peel with pH = 2.3 and 1.5. In an objective measurable sebumometric analysis, we showed that GLA affects the decrease in sebum measurement values regardless of concentration. Thus, it can be assumed that GLA exhibits seboregulatory values.

PHAs are capable of improving the function of the epidermal barrier through their actions on desquamation-regulating enzymes and lipid processing. GLA improves lipid metabolism, promotes water-molecule binding (reduction of TEWL), inhibits corneosome breakdown, and also acts in acidifying the pH of the epidermis, which limits the growth of pathogenic skin flora. Puigdemont et al. examined the efficacy of topical treatment with GLA of ichthyosis in dogs. The extent and size of the scales were statistically significant ($p < 0.001$) by 60% and 75% after 14 and 30 days of treatment, respectively. Furthermore, biopsies showed improvement in stratum corneum morphology.[11]

In 1992, GLA was indicated to be used in the treatment of acne as agents that modify keratinization also due to comedolytic properties and anti-inflammatory activity. This study shows that GLA is a useful treatment for acne and also that it does not show a significant irritating effect.[14] Due to this effect, gluconlactone was used in the study that evaluated the efficacy in acne vulgaris of adapalene monotherapy versus a combination of GLA, GA, salicylic acid, licochalcone, and 0.1% adapalene. This combined cosmeceutical product showed some benefits in reducing acne complications. Moisturizing products (such as GLA) have also been indicated to be used in conjunction with drugs such as adapalene.[15]

In a study by Draelos et al. GLA as an adjunct to azelaic acid therapy (15% gel) in rosacea resulted in a better therapeutic effect and fewer side effects in the form of burning or pinching. The PHA products used in the study were a cleansing product with 4% pH 3.3 GLA and a moisturizing cream with 10% pH 3.5 GLA. Statistically significant effectiveness in terms of severity of erythema for the GLA-containing skin care regimen. It is assumed that GLA reduced

14732165, 0, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.13564 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [20/06/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

the permeability of the stratum corneum and, therefore reduced the vascular reactivity of the skin. Therefore, an effect of GLA on blood vessels is indicated. Furthermore, a statistically significant decrease in the incidence of skin dryness was observed after the use of GLA cosmetics, and better tolerance was reported to itching and stinging. The rationale for the good tolerability of GLA also appears to be related to its high molecular weight.[16] In our study, we measured the change in skin pH using a pH meter. The results indicate a decrease in pH after GLA treatments. Increasing the pH of the normally acidic skin surface has adverse effects on stratum corneum cohesion, thus on skin barrier homeostasis. The applied treatments may have had a beneficial effect on strengthening epidermal defense function, which clearly coincides with the results of a decrease in TEWL. Therefore, our assumptions are in line with the purpose of the study and the results obtained in the study by Hachem et al. in which they showed that acute acidification of SC using PHA improves lipid processing and inhibits corneodesmosome degradation. The authors also showed the lack of toxicity of polyhydroxyl acid applications on mouse skin, showing an effect limited to the superficial layers of the epidermis. Furthermore, a reduction in pH does not produce hyperplasia, inflammation, or changes in lipid synthesis, and PHA does not affect the underlying nucleated cell layers.[17] The mechanism of GLA may be associated with inhibiting mediators of inflammation in the skin (IL-1a-induced PGE2) and decreasing corneocyte cohesion.[18]

In our previous study, we showed that GLA increased epidermal hydration regardless of concentration,[8] while in the current study we observed decreases in TEWL, which may also have a positive effect on hydration. Furthermore, Algiert-Zielińska. assessed the comparative level of hydration after the application of 10% and 30% lactobionic acid.[19] Similarly to the own research on GLA, there were no significant differences in the moisturizing effect between 10% of the lactobionic acid concentration and 30% concentration. Therefore, it can be assumed that both LA and GLA have a moisturizing effect regardless of the concentration. Both acids are also substances that facilitate corneodesmosomal degradation. They have a multidirectional beneficial effect on the skin.

Collagen fibrillation is pH dependent and GLA is known as an acidifier. Jayamani et al. investigated the property of GLA on collagen. They demonstrated the antifibrotic properties of GLA and suggest that it may have a potential role in the development of the treatment of fibrosis diseases by.[20] In the study, Lee et al. showed that GLA reduces the expression of MMP in vivo under hypoxia. It might help to synthesize Type V collagen. They imply that oxygen concentration plays a key role in collagen biosynthesis. Therefore, GLA could affect the structure of the dermis.[21]

6 | CONCLUSIONS

GLA has been shown to have multiple skin benefits, making it an ideal ingredient for use in cosmetic, cosmetologic, and dermatologic procedures.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Sylwia Jarząbek-Perz developed the concept of the study, performed a series of treatments, measured skin parameters, collected data, performed the statistical study, and wrote the text of the publication. Marta Dziedzic's participation in this work included supervision of the collection of results and consultation of the publication text. Helena Rotsztejn and Anna Kołodziejczak critically reviewed the content of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by Statutory Research Activity Department of Cosmetology and Aesthetic Dermatology, Faculty of Pharmacy, Medical University of Lodz no: 503/3-066-01/503-31-001-19-00.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare no conflict of interest. The authors themselves are responsible for the content and writing of the paper.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

All data generated or analyzed as part of this study are included in this article. Further inquiries can be directed to the corresponding author.

ETHICS STATEMENT

This study protocol was reviewed and approved by the Bioethics Committee of the Medical University of Lodz (Protocol No RNN/184/19/KE). All participants gave their informed consent to participate in the study.

ORCID

Sylwia Jarząbek-Perz https://orcid.org/0000-0001-8662-214X
Anna Kołodziejczak https://orcid.org/0000-0002-7799-9188

REFERENCES

1. Elias PM, Feingold KR. *Skin barrier*. CRC Press; 2006.
2. Proksch E, Fölster-Holst R, Jensen JM. Skin barrier function, epidermal proliferation and differentiation in eczema. *J Dermatol Sci*. 2006 Sep;43(3):159-169.
3. Green BA, Yu RJ, Van Scott EJ. Clinical and cosmeceutical uses of hydroxyacids. *Clin Dermatol*. 2009;27(5):495-501.
4. Qin X, Liu B, Gao F, et al. Gluconolactone alleviates myocardial ischemia/reperfusion injury and arrhythmias via activating PKCε/extracellular signal-regulated kinase signaling. *Front Physiol*. 2022;14(13):856699.
5. Berardesca E, Distante F, Vignoli GP, Oresajo C, Green B. Alpha hydroxyacids modulate stratum corneum barrier function. *Br J Dermatol*. 1997;137(6):934-938.
6. Jarząbek-Perz S, Mucha P, Rotsztejn H. Corneometric evaluation of skin moisture after application of 10% and 30% gluconolactone. *Skin Res Technol*. 2021;27:925-930.
7. Bernstein EF, Brown DB, Schwartz MD, Kaidbey K, Ksenzenko SM. The polyhydroxyacid gluconolactone protects against ultraviolet radiation in an in vitro model of cutaneous photoaging. *Dermatol Surg*. 2004;30(2/1):196.
8. Green BA, Green BA, Wildnauer RH, Edison BL. Polyhydroxy acids (PHAs) provide conditioning effects to skin without

17152465, 0, Downloaded from onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.15866 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [20/06/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

increasing sensitivity to UV Light. *Amer Acad of Derm Poster Exhibit*. 2002:22–27.
9. Kornhauser A, Coelho SG, Hearing VJ. Applications of hydroxy acids: classification, mechanisms, and photoactivity. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2010;24(3):135-142.
10. Grimes PE, Green BA, Wildnauer RH, Edison BL. The use of polyhydroxy acids (PHAs) in photoaged skin. *Cutis*. 2004;73(2 Suppl):3-13.
11. Puigdemont A, Furiani N, De Lucia M, et al. Topical polyhydroxy acid treatment for autosomal recessive congenital ichthyosis in the golden retriever: a prospective pilot study. *Vet Dermatol*. 2018;29(10). doi:10.1111/vde.12654
12. Green BA, Briden E. PHAs and bionic acids: next generation of hydroxy acids. *Cosmeceuticals*. 2nd ed. Elsevier, Inc; 2009:209-215.
13. Kuwano T, Kawano S, Kagawa D, Yasuda Y, Inoue Y, Murase T. Dietary intake of glucono-δ-lactone attenuates skin inflammation and contributes to maintaining skin condition. *Food Funct*. 2018;9(3):1524-1531.
14. Hunt MJ, Barnetson RS. A comparative study of gluconolactone versus benzoyl peroxide in the treatment of acne. *Australas J Dermatol*. 1992;33(3):131-134.
15. Kantikosum K, Chongpison Y, Chottawornsak N, Asawanonda P. The efficacy of glycolic acid, salicylic acid, gluconolactone, and licochalcone a combined with 0.1% adapalene vs adapalene monotherapy in mild-to-moderate acne vulgaris: a double-blinded within-person comparative study. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2019;19(12):151-161.
16. Draelos ZD, Green BA, Edison BL. An evaluation of a polyhydroxy acid skin care regimen in combination with azelaic acid 15% gel in rosacea patients. *J Cosmet Dermatol*. 2006;5(1):23-29.
17. Hachem JP, Roelandt T, Schürer N, et al. Acute acidification of stratum corneum membrane domains using polyhydroxyl acids improves lipid processing and inhibits degradation of corneodesmosomes. *J Invest Dermatol*. 2010;130(2):500-510.
18. Huang YB, Chang JS, Liu JC, Tsai MJ, Tsai YH, Wu PC. The influence of anti-irritants on captopril hydrophilic gel. *Drug Dev Ind Pharm*. 2004;30(2):163-169.
19. Algiert-Zielińska B, Mucha P, Rotsztejn H. Comparative evaluation of skin moisture after topical application of 10% and 30% lactobionic acid. *J Cosmet Dermatol*. 2018;17(6):1096-1100.
20. Jayamani J, Ravikanth Reddy R, Madhan B, Shanmugam G. Disintegration of collagen fibrils by Glucono-δ-lactone: an implied lead for disintegration of fibrosis. *Int J Biol Macromol*. 2018;107(Pt A):175-185.
21. Lee KH, Kim DY, Kim W. Cultivation of human skin cells under physiological oxygen concentration modulates expression of skin significant genes and response to hydroxy acids. *Biochem Biophys Res Commun*. 2021;30(551):161-167.

How to cite this article: Jarząbek-Perz S, Dziedzic M, Rotsztejn H, Kołodziejczak A. Evaluation of the effects of 10% and 30% gluconolactone chemical peel on sebum, pH, and TEWL. *J Cosmet Dermatol*. 2023;00:1-8. doi:10.1111/jocd.15864

14732165, 0, Downloaded from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.15864 by Cochrane Poland, Wiley Online Library on [20/06/2023]. See the Terms and Conditions (https://onlinelibrary.wiley.com/terms-and-conditions) on Wiley Online Library for rules of use; OA articles are governed by the applicable Creative Commons License

2.4. Dyskusja

Barierę naskórkową można ocenić za pomocą ściśle określonych i zależnych od siebie własności skóry takich jak pH, nawilżenie, przeznaskórkowa utrata wody oraz poziom łoju. Oceny wyżej wymienionych parametrów po zastosowaniu glukonolaktonu oraz mikrodermabrazji tlenowej dokonano na podstawie wyników pomiarów uzyskanych za pomocą urządzenia MPA - The Multi Probe Adapter Systems (Courage + Khazaka electronic GmbH, Köln, Germany): Corneometer® CM 825, Sebumeter® SM 815, pH-meter®, Tewameter®. MPA to system szeroko wykorzystywany w celach badawczych, co można zaobserwować w wielu publikacjach naukowych. Dla przykładu, Heinrich przeprowadził badania oceniające zmiany nawilżenia skóry bardzo suchej, suchej i normalnej po aplikacji różnego rodzaju emulsji. Pomiary były wykonywane za pomocą korneometru u 348 badanych [74]. Algiert-Zielińska i wsp. oceniali zależności pomiędzy płaszczem lipidowym, transepidermalną utratą wody a pH skóry u 50 osób, przy użyciu sebumetru, pH-metru oraz tewametru [1]. Khosrowpour i wsp. przeprowadzili badanie z udziałem 60 osób, mające na celu porównanie potencjalnego działania drażniącego na skórę czterech rodzajów mydeł oraz ich wpływu na funkcję bariery naskórkowej i parametry biofizyczne. Badacze oceniali parametry skóry za pomocą meksametru, frictometru, pH-metru oraz tewametru [80]. Seo i wsp. przeprowadzili obiektywną klasyfikację typów skóry. 434 uczestników badania zostało ocenionych za pomocą ośmiu urządzeń (Tewameter®, pH-meter®, Corneometer®, Sebumeter®, Cutometer®, Spectrophotometer®, PRIMOS® lite, and Janus®) [81].

Mikrodermabrazja diamentowa, korundowa i oksybrazja to metody kontrolowanego, mechanicznego złuszczania naskórka, które od wielu lat są przeprowadzane w gabinetach dermatologicznych i kosmetyki profesjonalnej. Skuteczność działania mikrodermabrazji korundowej i diamentowej potwierdzona jest w piśmiennictwie naukowym, ale w niewielu badaniach wykorzystano system obiektywizacji wyników przy pomocy MPA. Jeszcze mniej prac nawiązuje do zastosowania mikrodermabrazji wodno-tlenowej.

Na podstawie przeprowadzonej serii zabiegów, badania własne wykazały, że oksybrazja w sposób istotny statystycznie przyczynia się do wzrostu nawilżenia skóry wszystkich miejsc pomiarowych, na co wpływ może mieć aplikacja roztworu wodnego

NaCl pod ciśnieniem i wytwarzanie zwiększonej ilości jonów H+ i OH-. Podczas rozpuszczania roztworu soli fizjologicznej, cząsteczki są przyłączane do jonów Na+ i Cl-. Oksybrazja w sposób statystycznie istotny przyczyniła się też do spadku poziomu łoju, na co może mieć wpływ regulacja pracy gruczołów łojowych. Analiza statystyczna wykazała także spadek pH najpewniej związany ze wzrostem jonów wodorowych w polu zabiegowym. Nie wykazano wpływu na parametr TEWL w żadnej z mierzonych okolic - pomiędzy zabiegami widoczne były różnice w pomiarach, ale nie były one istotne statystycznie. W związku z tym zabieg oksybrazji, poprzez wielokierunkowy wpływ na poprawę wartości parametrów skóry, może być oceniony jako procedura skuteczna w przypadku różnych defektów skóry i wybranych dermatoz.

Chilicka i wsp. wykazali, że zabieg oksybrazji w przypadku trądziku pospolitego spowodował znaczne zmniejszenie liczby wykwitów skórnych (skala GAGS), wzrost nawilżenia oraz poprawę wyglądu skóry. Ponadto odnotowano spadek łoju w miejscach pomiarowych. Autorzy podkreślają, że 0,9% roztwór chlorku sodu powoduje złuszczanie martwego naskórka, a czysty tlen zmniejsza wykwity skórne, prawdopodobnie ze względu na spadek ilości bakterii *C. acnes* [56].

Badania własne wykazały, że GLA jest substancją silnie nawilżającą skórę – działanie nawilżające ma związek z obecnością w jego cząsteczce czterech grup hydroksylowych, wykazujących właściwości przyciągające i wiążące cząsteczki wody. Dodatkowo jego hydroliza w roztworach wodnych do kwasu glukonowego, który posiada jeszcze większą ilość grup hydroksylowych powoduje zwiększenie zdolności do wiązania wody, Wpływa również na zmniejszenie przeznaskórkowej utraty wody. Glukonolakton, ze względu na swoją budowę wykazuje właściwości podobne do działania glukozy, z której powstaje – efektywnie ogranicza dyfuzje i parowanie wody, tworząc na powierzchni skóry delikatny film. Wyniki badań własnych wykazały również, że GLA może przywracać kwaśne pH, a także normalizuje wydzielanie łoju. Ocena porównawcza skuteczności 10% i 30% glukonolaktonu nie wykazała znaczących różnic. Oba stężenia zastosowanych preparatów dały istotną statystycznie poprawę badanych parametrów. Zmiany pH mogły wpłynąć na właściwości warstwy rogowej, zwłaszcza na modyfikacje funkcji barierowej (przepuszczalności) oraz na jej właściwości transportowe.

Ponadto, GLA posiada właściwości antyoksydacyjne – Bernstein i wsp. [32] w badaniu in vitro na transgenicznym modelu fotostarzenia skóry dowiedli, że GLA zapewnia pewną ochronę przed UV. Autorzy stwierdzili, że właściwość ta może wynikać ze zdolności do zmiatania wolnych rodników. Wobec tego glukonolakton może być stosowany w przypadku skóry suchej, odwodnionej oraz z uszkodzoną barierą hydrolipidową. Może być też wartościowym składnikiem w kosmetykach przeciwstarzeniowych.

Badania własne wykazały znaczną skuteczność połączenia glukonolaktonu w formie peelingu chemicznego zarówno z mikrodermabrazją tlenową jak i z mezoterapią mikroigłową. Uzyskano poprawę nawilżenia, obniżenia pH skóry, istotny spadek TEWL oraz znaczące zmniejszenie wydzielania łoju. W przypadku zastosowania zabiegów oksybrazji i GLA, jako samodzielnych procedur, nie odnotowano istotnie statystycznego wpływu na TEWL i poziom łoju. W ocenie badań własnych z zastosowaniem procedur łączonych wykazano większą obiektywną i mierzalną skuteczność zabiegową. Zabieg mikrodermabrazji tlenowej zwiększał skuteczność peelingu chemicznego poprzez wcześniejsze powierzchowne złuszczenie warstwy rogowej, ułatwiając tym samym penetrację glukonolaktonu. Połączenie tych procedur można stosować w przypadku skóry z zaburzoną równowagą hydrolipidową naskórka i wynikającymi z tego konsekwencjami w postaci nadmiernej suchości, uczucia ściągnięcia, pieczenia, a także pojawienia się zmian trądzikowych. Uzyskane efekty mogą być związane ze wzmocnieniem bariery naskórkowej przez glukonolakton oraz redukcją zmian o charakterze zapalnym. Dodatkowo podczas zabiegu oksybrazji na powierzchni naskórka wytwarzane jest środowisko tlenowe, co może przyczyniać się do spadku ilości *C. acnes*.

Hunt i wsp. wskazali, że glukonolakton może być stosowany w leczeniu trądziku pospolitego jako środek modyfikujący keratynizację dzięki właściwościom komedolitycznymi aktywności przeciwzapalnej. GLA nie powoduje podrażnienia skóry, dlatego jest stosowany jako składnik preparatów zawierających między innymi kwas salicylowy lub kwas azelainowy [38]. Algiert i wsp. [27] przeprowadzili badanie metodą split face – na jedną stronę twarzy zaaplikowano 20% kwas laktobionowy, a na drugiej aplikację tego samego peelingu poprzedzono złuszczaniem naskórka za pomocą mikrodermabrazji korundowej. Badacze wykazali, że mikrodermabrazja korundowa

zwiększa działanie nawilżające i poprawia elastyczność skóry w porównaniu z monoterapią kwasem laktobionowym. Zmniejszenie TEWL nastąpiło po obu stronach twarzy, z tym, że w przypadku metody łączonej spadek ten był mniejszy niż w przypadku samego peelingu chemicznego.

2.5. Wnioski

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski:

1) Seria zabiegów mikrodermabrazji tlenowej istotnie wpływała na poprawę nawilżenia, przywrócenie kwaśnego pH skóry oraz normalizację wydzielania łoju.

2) Seria zabiegów z użyciem glukonolaktonu w formie peelingu chemicznego wiązała się z poprawą nawilżenia, ograniczeniem TEWL i obniżeniem pH. Zabiegi nie miały istotnego wpływu na poziom łoju warstwy rogowej.

3) Nie wykazano statystycznie istotnych różnic między zastosowaniem 10% i 30% glukonolaktonem. W przypadku obu badanych stężeń wykazano istotną poprawę nawilżenia, spadek pH skóry i redukcję transepideramalnej utraty wody.

4) Zabiegi split face obejmujące połączenie glukonolaktonu z oksybrazją lub z mezoterapią mikroigłową wiązały się z poprawą nawilżenia, obniżeniem pH, zmniejszeniem przeznaskórkowej utraty wody oraz zmniejszeniem wydzielania łoju.

3. STRESZCZENIE

Glukonolakton jest polihydroksykwasem, utlenioną pochodną glukozy. Wykazuje on wielokierunkowe działanie na skórę. Ze względu na swoją budowę łączy właściwości AHA oraz glukozy, z której powstaje – efektywnie ogranicza parowanie wody z naskórka, nawilża, łagodzi podrażnienia, a także wykazuje właściwości komedolityczne, przeciwzapalne i przeciwutleniające. Glukonolakton może być stosowany w procedurach łączonych z innymi peelingami chemicznymi, mikrodermabrazją czy mikronakłuwnaniem. Obecnie znajduje zastosowanie w preparatach kosmetycznych przeznaczonych do skóry suchej, odwodnionej i trądzikowej.

Oksybrazja jest jedną z technik mikrodermabrazji. Jest to zabieg powierzchownego złuszczania naskórka, podczas którego za pomocą specjalnej głowicy na skórę aplikowany jest dwufazowy strumień składający się z roztworu soli fizjologicznej i sprężonego tlenu. Mikrodermabrazja tlenowa stabilizuje pracę gruczołów łojowych, zmniejsza liczbę bakterii beztlenowych, a także działa nawilżająco, przeciwzapalnie, pobudza i zwiększa krążenie krwi, co skutkuje lepszym odżywieniem, dotlenieniem, regeneracją i złagodzeniem stanu zapalnego skóry.

W pracy oceniono wpływ glukonolaktonu w formie peelingu chemicznego oraz mikrodermabrazji tlenowej na wybrane parametry skóry twarzy: nawilżenie, poziom łoju, transepidermalną utratę wody oraz pH. Obiektywna ocena skuteczności zabiegów kosmetologicznych, stanowi istotne źródło wiedzy na temat stosowanych metod. W celu zoptymalizowania możliwych do osiągnięcia efektów postanowiono wykonać zabieg oksybrazji w samodzielnej procedurze, aplikować glukonolakton w dwóch stężeniach oraz zastosować zabieg łączony obejmujący obie procedury. Dokonano także porównania skuteczności z inną powszechnie stosowaną metodą – mezoterapią mikroigłową – stosowaną w celu zwiększenia penetracji substancji aktywnej przez skórę. Nieliczne dane literaturowe dotyczą badań związanych z wpływem oksybrazji oraz glukonolaktonu na skórę.

Badaniem objęto 64 osoby płci żeńskiej w przedziale wiekowym 31 – 70 lat. Osoby uczestniczące w badaniu zostały podzielone na trzy grupy. U 27 kobiet przeprowadzono zabieg oksybrazji na całą twarz, 16 uczestniczek poddano zabiegom typu split face polegającym na aplikacji peelingu z glukonolaktonem w dwóch stężeniach (10% i 30%), wostatniej grupie liczącej 21 osób wykonano zabiegi łączone obejmujące oksybrazję i aplikację peelingu z glukonolaktonem na jedną stronę twarzy oraz mezoterapię mikroigłową z aplikacją peelingu z glukonolaktonem na drugą stronę twarzy. Oceny skuteczności zabiegów dokonano za pomocą sond Corneometer®, , pH-meter®, Tewameter® oraz kasety Sebumeter®, będących składową systemu MPA (Courage + Khazaka electronic GmbH, Köln, Germany).

Cele pracy:

1) Ocena aparaturowa wpływu oksybrazji na nawilżenie, poziom łoju, pH i TEWL.

2) Ocena porównawcza wpływu 10% i 30% glukonolaktonu w formie peelingu chemicznego na nawilżenie, poziom łoju, pH i TEWL.

3) Ocena porównawcza zabiegu split face obejmującego mikrodermabrazję tlenową i aplikację 10% glukonolaktonu na jedną stronę twarzy oraz mezoterapię mikroigłową i aplikację 10% glukonolaktonu na drugą stronę twarzy. Badano parametry skóry takie jak: nawilżenie, poziom łoju, pH i TEWL.

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski:

1) Seria zabiegów mikrodermabrazji tlenowej istotnie wpływa na poprawę nawilżenia, przywrócenie kwaśnego pH skóry oraz normalizację wydzielania łoju.

2) Seria zabiegów z użyciem glukonolaktonu w formie peelingu chemicznego przyniosła efekty w postaci poprawy nawilżenia, ograniczenia TEWL oraz obniżenia pH skóry. Zabiegi nie miały istotnego wpływu na poziom łoju.

3) Nie wykazano statystycznie istotnych różnic między 10% i 30% glukonolaktonem. W przypadku obu badanych stężeń wykazano istotną poprawę nawilżenia, spadek pH skóry i redukcję transepideramalnej utraty wody.

4) Zabiegi split face obejmujące połączenie glukonolaktonu z oksybrazją lub z mezoterapią mikroigłową wiązały się z poprawą nawilżenia, obniżeniem pH skóry, zmniejszeniem przeznaskórkowej utraty wody oraz zmniejszeniem wydzielania łoju.

4. STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM

Summary

Gluconolactone is a polyhydroxy acid and an oxidized derivative of glucose. It exhibits multidirectional effects on the skin. Due to its structure, it combines the properties of AHA and glucose – effectively reduces water evaporation from the epidermis, moisturizes, soothes irritation, and exhibits comedolytic, anti-inflammatory, and antioxidant properties. Gluconolactone can be used in combination with other chemical peels, microdermabrasion, microneedling. It is currently used in cosmetic preparations for dry, dehydrated, and acne-prone skin.

Oxybrasion is one of the microdermabrasion technique. This is a procedure for superficial exfoliation of the epidermis, during which a two-phase jet consisting of saline solution and compressed oxygen is applied to the skin using a special head. Oxygen microdermabrasion stabilizes the sebaceous glands, reduces the number of anaerobic bacteria, and also has a moisturizing, anti-inflammatory effect, stimulates and increases blood circulation, resulting in better nutrition, oxygenation, regeneration and relief of skin inflammation.

The study evaluated the effect of gluconolactone in the form of chemical peel and oxygen microdermabrasion on selected parameters of facial skin, including hydration, sebum level, transepidermal water loss, and pH. Objective evaluation of the effectiveness of cosmetological treatments, is an important source of knowledge regarding the methods used. In order to optimize the achievable results, we decided to perform the oxybrasion procedure as a stand-alone procedure, apply gluconolactone in two concentrations, and use a combined treatment involving both procedures. A comparison of efficacy was also made with another commonly used method, micro-needle mesotherapy which is used to increase penetration of the active substance through the skin. There are few literature data on studies have investigated the effects of oxybrasion and gluconolactone on the skin.

The study included 64 female subjects aged 31 and 70 years. The subjects were divided into three groups. A series of treatments were performed out in all subjects. Twenty-seven women underwent oxybrasion treatment for the entire face, sixteen participants underwent split-face treatments consisting of gluconolactone application in

two concentrations (10% and 30%), and the last group of twenty-one subjects underwent combined treatments consisting of oxybrasion and gluconolactone application on one side of the face and micro-needle mesotherapy with gluconolactone application on the other side of the face. The effectiveness of the treatments was evaluated using a Corneometer®, pH-meter® and Tewameter® probes Sebumeter® cassette - The Multi Probe Adapter Systems (Courage + Khazaka electronic GmbH, Köln, Germany).

Objectives of the study:

1) Instrumental evaluation of the effect of oxybrasion on hydration, sebum levels, pH, and TEWL.

2) Comparative evaluation of the effects of 10% and 30% gluconolactone in the form of a chemical peel on hydration, sebum levels, pH, and TEWL.

3) Comparative evaluation of split face treatment involving oxygen microdermabrasion and application of 10% gluconolactone to one side of the face, micro-needle mesotherapy and application of 10% gluconolactone to the other side of the face. Skin parameters, such as hydration, sebum levels, pH, and TEWL were studied.

The following conclusions were drawn from this study:

1) A series of oxygen microdermabrasion treatments significantly improved hydration, restores the skin's acidic pH of the skin and normalizes sebum secretion.

2) A series of treatments with gluconolactone chemical peel resulted in improved hydration, reduced TEWL and lowered skin pH. The treatments had no significant effect on the sebum level of the stratum corneum.

3) There were no statistically significant differences between 10% and 30% gluconolactone. Both concentrations tested showed a significant improvement in hydration, a decrease in skin pH and a reduction in transepidermal water loss.

4) Split face treatments involving a combination of gluconolactone with oxybrasion or with micro-needle mesotherapy were associated with improved hydration, decreased skin pH, decreased transepidermal water loss and decreased sebum secretion.

5. PIŚMIENNICTWO

1. Algiert-Zielińska B, Batory M, Skubalski J, Rotsztejn H. *Evaluation of the relation between lipid coat, transepidermal water loss, and skin pH*. Int J Dermatol. 2017 Nov;56(11):1192-1197
2. Wojciechowska M, Napiórkowska K. *Znaczenie bariery naskórkowej w patofizjologii wyprysku kontaktowego*. Pol J Cosmetol 2012;15(2): 66-70
3. Berkers T, van Dijk L, Absalah S, et al. *Topically applied fatty acids are elongated before incorporation in the stratum corneum lipid matrix in compromised skin*. Exp Dermatol. 2017;26:36–43
4. Jungersted JM, Hellgren LI, Jemec GB, Agner T. *Lipids and skin barrier function-a clinical perspective*. Contact Dermatitis. 2008;58(5):255-62
5. Proksch E, Berardesca E, Misery L, Engblom J, Bouwstra J. *Dry skin management: practical approach in light of latest research on skin structure and function*. J Dermatolog Treat. 2020;31(7):716-722
6. Kim Y, Lim KM. *Skin barrier dysfunction and filaggrin*. Arch. Pharm. Res. 2021;44:36–48
7. Lodén M. *Role of topical emollients and moisturizers in the treatment of dry skin barrier disorders*. Am J Clin Dermatol. 2003;4(11):771-88
8. Woo KY, Beeckman D, Chakravarthy D. *Management of Moisture-Associated Skin Damage: A Scoping Review*. Adv Skin Wound Care. 2017;30(11):494-501
9. Chlebus E, Serafin M. *Peelingi chemiczne wczoraj i dziś – aktualny stan wiedzy o chemoeksfoliacji*. Dermatologia Estetyczna 2015, vol. 17(2): 102-107
10. Stasiorowska S, Rodak I. *Chemoeksfoliacja w gabinecie kosmetologicznym*. Kosm Est. 2020;2(9):199-210
11. Green B. *After 30 years … the future of hydroxyacids*. J Cosmet Dermatol. 2005, 4, 44–45
12. Prescott FJ, Shaw JK, Bilello JP, Cragwall GO. *Gluconic Acid and Its Derivatives*. Ind. Eng. Chem. 1953, 45, 2, 338–342
13. Saleh A, McGarry K, Chaw CS, Elkordy AA. *Feasibility of Using Gluconolactone, Trehalose and Hydroxy-Propyl Gamma Cyclodextrin to Enhance*

Bendroflumethiazide Dissolution Using Lyophilisation and Physical Mixing Techniques. Pharmaceutics. 2018 Feb 1;10(1):22

14. Anastassiadis S, Morgunov IG. *Gluconic acid production*. Recent Pat Biotechnol. 2007;1(2):167-80
15. Bierenstiel M. *ϱ-Galactonolactone: Synthesis, Isolation, and Comparative Structure and Stability Analysis of an Elusive Sugar Derivative*. European Journal of Organic Chemistry, 2004;7:1476-1479
16. Klimiuk E, Pokój T. *The synthesis of polyhydroxyalkanoates by activated sludge*. Biotechnologia. 2008;3(82):13-21
17. Kuwano T, Kawano S, Kagawa D, Yasuda Y, Inoue Y, Murase T. *Dietary intake of glucono-δ-lactone attenuates skin inflammation and contributes to maintaining skin condition*. Food Funct. 2018 Mar 1;9(3):1524-1531
18. Broniarczyk-Dyła Grażyna: *Hydroksykwasy, ich rola i zastosowanie w dermatologii i kosmetyce lekarskiej*. Przegląd Dermatologiczny, vol. 89, no. 4, 2002, pp. 265-272
19. Bankar SB, Bule MV, Singhal RS, Ananthanarayan L. *Glucose oxidase--an overview*. Biotechnol Adv. 2009 Jul-Aug;27(4):489-501
20. S. Ramachandran et al. *Gluconic Acid: A Review*. Food Technol. Biotechnol. 2006, 44 (2) 185–195
21. Majewska E, Białecka- Florjańczyk E. *Zielona chemia w przemyśle spożywczym*. Chemia, Dydaktyka, Ekologia, Metrologia, 2010;15(1): 23-24.
22. Qin X, Liu B, Gao F, Hu Y, Chen Z, Xu J, Zhang X. *Gluconolactone Alleviates Myocardial Ischemia/Reperfusion Injury and Arrhythmias via Activating PKCε/Extracellular Signal-Regulated Kinase Signaling*. Front Physiol. 2022 Mar 14;13:856699
23. Lu W, Zhang Y, Zhang C, Chen D, Xiao C. *Influence of calcium sulfate incorporated with gluconolactone coagulant on the quality of whole soybean flour tofu.* Food Chem X. 2022 Nov 28;17:100527
24. Morgan L. Denzer, et al. *Effects of Glucono Delta-lactone Enhancement and Nitrite-embedded Packaging On Fresh Color, Cooked Color, and Sensory Attributes of Dark-cutting Beef.* Applied food research, 2022;2,2: 100189

25. Gonzalez RD, Whiting BM, Canales BK. *The history of kidney stone dissolution therapy: 50 years of optimism and frustration with renacidin*. J Endourol. 2012 Feb;26(2):110-8
26. Green BA, Yu RJ, Van Scott EJ. *Clinical and cosmeceutical uses of hydroxyacids*. Clin Dermatol. 2009, Sep-Oct;27(5):495-501
27. Algiert-Zielińska B, Mucha P, Rotsztejn H. *Effects of lactobionic acid peel, aluminum oxide crystal microdermabrasion, and both procedures on skin hydration, elasticity, and transepidermal water loss*. J Cosmet Dermatol. 2019 Oct;18(5):1463-1474
28. Grimes PE, Green BA, Wildnauer RH, et al. *The use of polyhydroxyacids (PHAs) in photoaged skin*. Cutis. 2004;73(2):4-12
29. Graf J. *Anti-aging skin care ingredient technologies*. Cosmetic Dermatology. Berlin, Heidelberg: Springer; 2005:17-28
30. Edison BL, Green BA, Wildnauer RH, Sigler ML. *A polyhydroxy acid skin care regimen provides antiaging effects comparable to an alpha-hydroxyacid regimen*. Cutis. 2004 Feb;73(2 Suppl):14-7. PMID: 15002657
31. Kolodziejczyk J, Saluk-Juszczak J, Wachowicz B. *In vitro study of the antioxidative properties of the glucose derivatives against oxidation of plasma components*. J Physiol Biochem. 2011 Jun;67(2):175-83
32. Bernstein EF, Brown DB, Schwartz MD, Kaidbey K, Ksenzenko SM. *The polyhydroxyacid gluconolactone protects against ultraviolet radiation in an in vitro model of cutaneous photoaging*. Dermatol Surg. 2004;30(2/1):196
33. Green BA, Wildnauer RH, Edison BL. *Polyhydroxy Acids (PHAs) Provide Conditioning Effects to Skin Without Increasing Sensitivity to UV Light*. Amer Acad of Derm Poster Exhibit, New Orleans, LA; February 22-27, 2002
34. Berardesca E, Distante F, Vignoli GP, Oresajo C, Green B. *Alpha hydroxyacids modulate stratum corneum barrier function*. Br J Dermatol. 1997 Dec;137(6):934-8
35. Puigdemont A, Furiani N, De Lucia M, Carrasco I, Ordeix L, Fondevila D, Ramió-Lluch L, Brazis P. *Topical polyhydroxy acid treatment for autosomal recessive congenital ichthyosis in the golden retriever: a prospective pilot study*. Vet Dermatol. 2018 May 22

36. Jarząbek-Perz, S, Mucha, P, Rotsztejn, H. *Corneometric evaluation of skin moisture after application of 10% and 30% gluconolactone*. Skin Res Technol. 2021; 27: 925– 930
37. Kantikosum K, Chongpison Y, Chottawornsak N, Asawanonda P. *The efficacy of glycolic acid, salicylic acid, gluconolactone, and licochalcone A combined with 0.1% adapalene vs adapalene monotherapy in mild-to-moderate acne vulgaris: a double-blinded within-person comparative study*. Clin Cosmet Investig Dermatol. 2019 Feb 19;12:151-161
38. Hunt MJ, Barnetson RS. *A comparative study of gluconolactone versus benzoyl peroxide in the treatment of acne*. Australas J Dermatol. 1992;33(3):131-4
39. Tasić-Kostov M, Lukić M, Savić S. *A 10% Lactobionic acid-containing moisturizer reduces skin surface pH without irritation—An in vivo/in vitro study*. J Cosmet Dermatol. 2019;18:1705–1710
40. Draelos ZD, Green BA, Edison BL. *An evaluation of a polyhydroxy acid skin care regimen in combination with azelaic acid 15% gel in rosacea patients*. J Cosmet Dermatol 2006 5, 23–29
41. Percival SL, McCarty S, Hunt JA, Woods EJ. *The effects of pH on wound healing, biofilms, and antimicrobial efficacy*. Wound Repair Regen. 2014 Mar-Apr;22(2):174-86
42. Behne MJ, Barry NP, Hanson KM, Aronchik I, Clegg RW, Gratton E, Feingold K, Holleran WM, Elias PM, Mauro TM. *Neonatal development of the stratum corneum pH gradient: localization and mechanisms leading to emergence of optimal barrier function*. J Invest Dermatol. 2003 Jun;120(6):998-1006
43. Hachem JP, Crumrine D, Fluhr J, Brown BE, Feingold KR, Elias PM. *pH directly regulates epidermal permeability barrier homeostasis, and stratum corneum integrity/cohesion*. J Invest Dermatol. 2003 Aug;121(2):345-53
44. Madison KC. *Barrier function of the skin: "la raison d'être" of the epidermis*. J Invest Dermatol. 2003 Aug;121(2):231-41
45. Björklund S, Andersson JM, Pham QD, Nowacka A, Topgaard D, Sparr E. *Stratum corneum molecular mobility in the presence of natural moisturizers*. Soft Matter. 2014 Jul 7;10(25):4535-46

46. Hachem JP, Roelandt T, Schürer N, Pu X, Fluhr J, Giddelo C, Man MQ, Crumrine D, Roseeuw D, Feingold KR, Mauro T, Elias PM. *Acute acidification of stratum corneum membrane domains using polyhydroxyl acids improves lipid processing and inhibits degradation of corneodesmosomes*. J Invest Dermatol. 2010 Feb;130(2):500-10
47. Dz. Urz. 2006/257/WE z 9.02.2006r.
48. Arct J, Kołodziejczyk M. *Polihydroksykwasy w kosmetyce*. Dermatologia Estetyczna, 2015; 17(6): 308-311
49. Molski M. *Chemia piękna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2009, 143-144
50. El-Domyati M, Hosam W, Abdel-Azim E, Abdel-Wahab H, Mohamed E. *Microdermabrasion: a clinical, histometric, and histopathologic study*. J Cosmet Dermatol. 2016 Dec;15(4):503-513
51. Abdel-Motaleb AA, Abu-Dief EE, Hussein MR. *Dermal morphological changes following salicylic acid peeling and microdermabrasion*. J Cosmet Dermatol. 2017 Dec;16(4):e9-e14
52. Lew BL, Cho Y, Lee MH. *Effect of serial microdermabrasion on the ceramide level in the stratum corneum*. Dermatol Surg. 2006 Mar;32(3):376-9
53. Fąk M, Rotsztejn H, Erkiert-Polguj A. *The early effect of microdermabrasion on hydration and sebum level*. Skin Res Technol. 2018 Nov;24(4):650-655
54. Zhou Y, Banga AK. *Enhanced delivery of cosmeceuticals by microdermabrasion*. J Cosmet Dermatol. 2011 Sep;10(3):179-84
55. Nassar A, Ghomey S, El Gohary Y, El-Desoky F. *Treatment of striae distensae with needling therapy versus microdermabrasion with sonophoresis*. J Cosmet Laser Ther. 2016 Oct;18(6):330-4
56. Chilicka K, Rogowska AM, Szyguła R, Rusztowicz M, Nowicka D. *Efficacy of Oxybrasion in the Treatment of Acne Vulgaris: A Preliminary Report*. J. Clin. Med. 2022, 11, 3824
57. Glinka M, Dana A. *The use of physiological saline and oxygen in the new microdermabrasion technology*. Pol J Cosmetol. 2018
58. Kasprzak W, Mańkowska A. *Fizykoterapia, medycyna uzdrowiskowa i SPA*. PZWL Warszawa 2008, 12-20

59. Huong A, Ngu X. *Optical visualization of skin oxygen saturation for dermatological applications*. Optik - International Journal for Light and Electron Optics 204 (2020) 163948
60. Chandra PK, Ross CL, Smith LC, Jeong SS, Kim J, Yoo JJ, Harrison BS. *Peroxide-based oxygen generating topical wound dressing for enhancing healing of dermal wounds*. Wound Repair Regen. 2015 Nov-Dec;23(6):830-41
61. Kołodziejczak A. *Kosmetologia t.1*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2019, 559-560, 458-464
62. Niewójt, K.E. *Oxygen and salt in the main role- oxybrasion or oxydermabrasion*. Kosm. Estet. 2016, 2, 136–139
63. Boykin JV. *How hyperbaric oxygen therapy helps heal chronic wounds*. Nursing. 2002 Jun;32(6):24
64. Ríos-Gómez M, Gómez-Ortega V, Cardona C, De la Hoz-Valle JA. *Hyperbaric Oxygen Therapy in Plastic, Aesthetic, and Reconstructive Surgery: Systematic Review*. Surg. Tech. Dev. 2023, 12, 43-52
65. Alqam M, Wamsley CE, Hitchcock TM, Jones BC, Akgul Y, Kenkel JM. *Efficacy and tolerability of a microneedling device for treating wrinkles on the face*. J Cosmet Dermatol. 2023 Jan;22(1):206-213
66. Zdunska K, Ko łodziejczak A, Rotsztejn H. *Is skin microneedling a good alternative method of various skin defects removal*. Dermatologic Therapy. 2018; 31:e12714
67. McCrudden MT, McAlister E, Courtenay AJ, González-Vázquez P, Singh TR, Donnelly RF. *Microneedle applications in improving skin appearance*. Exp Dermatol. 2015;24:561–566
68. Liebl H, Kloth LC. *Skin cell proliferation stimulated by microneedles*. J Am Coll Cert Wound Spec. 2012;4:2–6
69. Juhasz MLW, Cohen JL. *Microneedling for the Treatment of Scars: An Update for Clinicians*. Clin Cosmet Investig Dermatol. 2020 Dec 22;13:997-1003
70. El-Domyati M, Moftah NH, Nasif GA, Ameen SW, Ibrahim MR, Ragaie MH. *Facial rejuvenation using stem cell conditioned media combined with skin needling: A split-face comparative study*. J Cosmet Dermatol. 2020 Sep;19(9):2404-2410

71. Singh A, Yadav S. *Microneedling: Advances and widening horizons*. Indian Dermatol Online J. 2016 Jul-Aug;7(4):244-54
72. Gowda A, Healey B, Ezaldein H, Merati M. *A Systematic Review Examining the Potential Adverse Effects of Microneedling*. J Clin Aesthet Dermatol. 2021 Jan;14(1):45-54
73. El-Domyati M, Barakat M, Awad S, Medhat W, El-Fakahany H, Farag H. *Microneedling Therapy for Atrophic Acne Scars: An Objective Evaluation*. J Clin Aesthet Dermatol. 2015 Jul;8(7):36-42
74. Heinrich U. *Multicentre comparison of skin hydration in terms of physical-, physiological- and product-dependent parameters by the capacitance method (Corneometer CM 825)*. Int J Cosm Sci. 2003;25:45-51
75. Clarys Ron Clijsen P, Barel A. *Influence of probe application pressure on in vitro and in vivo capacitance (Corneometer CM 825) and conductance (Skicon 200 EX) measurements*. Skin Res Tech. 2011;17:445–450
76. Hsu CK, Cheng NY, Yang CC, Yen YY, Tseng SH. *Investigating the clinical implication of corneometer and mexameter readings towards objective, efficient evaluation of psoriasis vulgaris severity*. Sci Rep. 2022 May 6;12(1):7469
77. Crowther JM. *Method for quantification of oils and sebum levels on skin using the Sebumeter(®)*. Int J Cosmet Sci. 2016 Apr;38(2):210-6
78. Stefaniak AB, Plessis Jd, John SM, Eloff F, Agner T, Chou TC, Nixon R, Steiner MF, Kudla I, Linn Holness D. *International guidelines for the in vivo assessment of skin properties in non-clinical settings: part 1. pH*. Skin Res Technol. 2013 May;19(2):59-68
79. du Plessis J, Stefaniak A, Eloff F, John S, Agner T, Chou TC, Nixon R, Steiner M, Franken A, Kudla I, Holness L. *International guidelines for the in vivo assessment of skin properties in non-clinical settings: Part 2. transepidermal water loss and skin hydration*. Skin Res Technol. 2013 Aug;19(3):265-78
80. Khosrowpour Z, Ahmad Nasrollahi S, Samadi A, et al. Skin biophysical assessments of four types of soaps by forearm in-use test. J Cosmet Dermatol. 2022;21:3127–3132

81. Seo JI, Ham HI, Baek JH, Shin MK. An objective skin-type classification based on non-invasive biophysical parameters. J Eur Acad Dermatol Venereol. 2022 Mar;36(3):444-452

6. SPIS RYCIN I TABEL

Ryc. 1. Budowa chemiczna glukonolaktonu *9*
Ryc. 2. Ścieżki przemiany glukonolaktonu. *10*
Ryc. 3. Punkty pomiarowe dla I grupy *26*
Ryc. 4. Punkty pomiarowe dla II grupy *27*
Ryc. 5. Punkty pomiarowe dla III grupy *28*
Ryc. 6. Corneometer® - schemat mechanizmu dzialania *29*
Ryc. 7. Sebumeter® – schemat mechanizmu działania *30*
Ryc. 8. pH-meter® - budowa *31*
Ryc. 9. Tewameter® - schemat mechanizmu działania *32*

Tab. 1. Charakterystyka badanych grup *21*

7. ZAŁĄCZNIKI

7.1. Oświadczenia współautorów

UNIWERSYTET MEDYCZNY W ŁODZI

prof. dr hab. n. med. Helena Rotsztejn
Wydział Farmaceutyczny
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Zakład Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej
ul. Muszyńskiego 1, 91 – 151 Łódź

Łódź 12.06.2023

OŚWIADCZENIE

Niniejsze oświadczenie dotyczy artykułu *Effect of oxybrasion on selected skin parameters* autorstwa Sylwii Jarząbek-Perz, Heleny Rotsztejn. Artykuł opublikowano w *Journal of Cosmetic Dermatology* 2021;20:657–663. doi: 10.1111/jocd.13557.

Oświadczam, że mój udział w tej pracy obejmował nadzór merytoryczny oraz przegląd manuskryptu.

Helena Rotsztejn

prof. dr hab. n. med. Helena Rotsztejn

UNIWERSYTET MEDYCZNY W ŁODZI

prof. dr hab. n. med. Helena Rotsztejn
Wydział Farmaceutyczny
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Zakład Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej
ul. Muszyńskiego 1, 91 – 151 Łódź

Łódź 12.06.2023

OŚWIADCZENIE

Niniejsze oświadczenie dotyczy artykułu *Split-face evaluation: Gluconolactone plus oxybrasion versus gluconolactone plus microneedling. The effects on skin parameters* autorstwa Sylwii Jarząbek-Perz, Marty Dziedzic, Anny Kołodziejczak, Heleny Rotsztejn. Artykuł opublikowano w *Skin Research and Technology* 2023;29:e13353, doi: 10.1111/srt.13353.

Oświadczam, że mój udział w tej pracy obejmował nadzór merytoryczny oraz przegląd manuskryptu.

Helena Rotsztejn
prof. dr hab. n. med. Helena Rotsztejn

UNIWERSYTET MEDYCZNY W ŁODZI

prof. dr hab. n. med. Helena Rotsztejn
Wydział Farmaceutyczny
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Zakład Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej
ul. Muszyńskiego 1, 91 – 151 Łódź

Łódź 12.06.2023

OŚWIADCZENIE

Niniejsze oświadczenie dotyczy artykułu *Evaluation of the effects of 10% and 30% gluconolactone chemical peel on sebum, pH, and TEWL* autorstwa Sylwii Jarząbek-Perz, Marty Dziedzic, Heleny Rotsztejn, Anny Kołodziejczak. Artykuł opublikowano w *Journal of Cosmetic Dermatology*. DOI: 10.1111/jocd.15864

Oświadczam, że mój udział w tej pracy obejmował merytoryczną konsultację tekstu publikacji oraz wyników.

Helena Rotsztejn
prof. dr hab. n. med. Helena Rotsztejn

UNIWERSYTET MEDYCZNY W ŁODZI

prof. dr hab. n. med. Helena Rotsztejn
Wydział Farmaceutyczny
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Zakład Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej
ul. Muszyńskiego 1, 91 – 151 Łódź

Łódź 12.06.2023

OŚWIADCZENIE

Niniejsze oświadczenie dotyczy artykułu *Corneometric evaluation of skin moisture after application of 10% and 30% gluconolactone* autorstwa Sylwii Jarząbek-Perz, Pauliny Muchy, Heleny Rotsztejn. Artykuł opublikowano w *Skin Research and Technology* 2021 Sep;27(5):925-930. doi: 10.1111/srt.1304

Oświadczam, że mój udział w tej pracy obejmował nadzór merytoryczny oraz przegląd manuskryptu.

Helena Rotsztejn
prof. dr hab. n. med. Helena Rotsztejn

dr n. chem. Paulina Mucha
Wydział Farmaceutyczny
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Zakład Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej
ul. Muszyńskiego 1, 91 – 151 Łódź

Łódź 12.06.2023

OŚWIADCZENIE

Niniejsze oświadczenie dotyczy artykułu *Corneometric evaluation of skin moisture after application of 10% and 30% gluconolactone* autorstwa Sylwii Jarząbek-Perz, Pauliny Muchy, Heleny Rotsztejn. Artykuł opublikowano w *Skin Research and Technology* 2021 Sep;27(5):925-930. doi: 10.1111/srt.1304

Oświadczam, że mój udział w tej pracy obejmował konsultację merytoryczną tekstu publikacji.

Paulina Mucha

dr n. chem. Paulina Mucha

UNIWERSYTET MEDYCZNY W ŁODZI

mgr Marta Dziedzic
Wydział Farmaceutyczny
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Zakład Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej
ul. Muszyńskiego 1, 91 – 151 Łódź

Łódź 12/06/2023

OŚWIADCZENIE

Niniejsze oświadczenie dotyczy artykułu *Split-face evaluation: Gluconolactone plus oxybrasion versus gluconolactone plus microneedling. The effects on skin parameters* autorstwa Sylwii Jarząbek-Perz, Marty Dziedzic, Anny Kołodziejczak, Heleny Rotsztejn. Artykuł opublikowano w *Skin Research and Technology* 2023;29:e13353, doi: 10.1111/srt.13353.

Oświadczam, że mój udział w tej pracy obejmował nadzór nad zbieraniem wyników badań i konsultację tekstu publikacji.

Marta Dziedzic

mgr Marta Dziedzic

UNIWERSYTET MEDYCZNY W ŁODZI

dr n. farm. Anna Kołodziejczak
Wydział Farmaceutyczny
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Zakład Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej
ul. Muszyńskiego 1, 91 – 151 Łódź

Łódź 12.06.2023

OŚWIADCZENIE

Niniejsze oświadczenie dotyczy artykułu *Split-face evaluation: Gluconolactone plus oxybrasion versus gluconolactone plus microneedling. The effects on skin parameters* autorstwa Sylwii Jarząbek-Perz, Marty Dziedzic, Anny Kołodziejczak, Heleny Rotsztejn. Artykuł opublikowano w *Skin Research and Technology* 2023;29:e13353, doi: 10.1111/srt.13353.

Oświadczam, że mój udział w tej pracy obejmował merytoryczną konsultację tekstu publikacji oraz wyników.

Anna Kołodziejczak

dr n. farm. Anna Kołodziejczak

UNIWERSYTET MEDYCZNY W ŁODZI

Dr n. farm. Anna Kołodziejczak
Wydział Farmaceutyczny
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Zakład Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej
ul. Muszyńskiego 1, 91 – 151 Łódź

Łódź 12.06.2023

OŚWIADCZENIE

Niniejsze oświadczenie dotyczy artykułu *Evaluation of the effects of 10% and 30% gluconolactone chemical peel on sebum, pH, and TEWL* autorstwa Sylwii Jarząbek-Perz, Marty Dziedzic, Heleny Rotsztejn, Anny Kołodziejczak. Artykuł opublikowano w *Journal of Cosmetic Dermatology 2023;00:1-8. doi:10.1111/jocd.15864*

Oświadczam, że mój udział w tej pracy obejmował nadzór merytoryczny oraz przegląd manuskryptu.

Anna Kołodziejczak
dr n. farm Anna Kołodziejczak

UNIWERSYTET MEDYCZNY W ŁODZI

mgr Sylwia Jarząbek-Perz
Wydział Farmaceutyczny
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Zakład Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej
ul. Muszyńskiego 1, 91 – 151 Łódź

Łódź 12.06.2023r.

OŚWIADCZENIE

Niniejsze oświadczenie dotyczy artykułu *Effect of oxybrasion on selected skin parameters* autorstwa Sylwii Jarząbek-Perz, Heleny Rotsztejn. Artykuł opublikowano w *Journal of Cosmetic Dermatology* 2021;20:657–663. doi: 10.1111/jocd.13557.

Oświadczam, że mój udział w tej pracy obejmował: opracowanie koncepcji badania, wykonanie serii zabiegów z udziałem osób badanych, wykonanie pomiarów aparaturowych, wykonanie dokumentacji fotograficznej, zebranie, opracowanie statystyczne, interpretację i opis wyników badań, przygotowanie tekstu publikacji.

mgr Sylwia Jarząbek-Perz

Sylwia Jarząbek-Perz

UNIWERSYTET MEDYCZNY W ŁODZI

mgr Sylwia Jarząbek-Perz
Wydział Farmaceutyczny
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Zakład Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej
ul. Muszyńskiego 1, 91 – 151 Łódź

Łódź, 12.06.2023r.

OŚWIADCZENIE

Niniejsze oświadczenie dotyczy artykułu *Corneometric evaluation of skin moisture after application of 10% and 30% gluconolactone* autorstwa Sylwii Jarząbek-Perz, Pauliny Muchy, Heleny Rotsztejn. Artykuł opublikowano w *Skin Research and Technology* 2021 Sep:27(5):925-930. doi: 10.1111/srt.1304

Oświadczam, że mój udział w tej pracy obejmował: opracowanie koncepcji badania, wykonanie serii zabiegów z udziałem osób badanych, wykonanie pomiarów aparaturowych, wykonanie dokumentacji fotograficznej, zebranie, opracowanie statystyczne, interpretację i opis wyników badań, przygotowanie tekstu publikacji.

mgr Sylwia Jarząbek-Perz

Sylwia Jarząbek-Perz

UNIWERSYTET MEDYCZNY W ŁODZI

mgr Sylwia Jarząbek-Perz
Wydział Farmaceutyczny
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Zakład Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej
ul. Muszyńskiego 1, 91 – 151 Łódź

Łódź 12.06.2023r.

OŚWIADCZENIE

Niniejsze oświadczenie dotyczy artykułu *Split-face evaluation: Gluconolactone plus oxybrasion versus gluconolactone plus microneedling. The effects on skin parameters* autorstwa Sylwii Jarząbek-Perz, Marty Dziedzic, Anny Kołodziejczak, Heleny Rotsztejn. Artykuł opublikowano w *Skin Research and Technology* 2023;29:e13353, doi: 10.1111/srt.13353.

Oświadczam, że mój udział w tej pracy obejmował: opracowanie koncepcji badania, wykonanie serii zabiegów z udziałem osób badanych, wykonanie pomiarów aparaturowych, wykonanie dokumentacji fotograficznej, zebranie, opracowanie statystyczne, interpretację i opis wyników badań, przygotowanie tekstu publikacji.

mgr Sylwia Jarząbek-Perz

Sylwia Jarząbek-Perz

UNIWERSYTET MEDYCZNY W ŁODZI

mgr Sylwia Jarząbek-Perz
Wydział Farmaceutyczny
Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Zakład Kosmetologii i Dermatologii Estetycznej
ul. Muszyńskiego 1, 91 – 151 Łódź

Łódź, 12.06.2023r.

OŚWIADCZENIE

Niniejsze oświadczenie dotyczy artykułu *Evaluation of the effects of 10% and 30% gluconolactone chemical peel on sebum, pH, and TEWL* autorstwa Sylwii Jarząbek-Perz, Marty Dziedzic, Heleny Rotsztejn, Anny Kołodziejczak. Artykuł opublikowano w *Journal of Cosmetic Dermatology Cosmet Dermatol. 2023;00:1-8. doi:10.1111/jocd.15864*

Oświadczam, że mój udział w tej pracy obejmował: opracowanie koncepcji badania, wykonanie serii zabiegów z udziałem osób badanych, wykonanie pomiarów aparaturowych, wykonanie dokumentacji fotograficznej, zebranie, opracowanie statystyczne, interpretację i opis wyników badań, przygotowanie tekstu publikacji.

mgr Sylwia Jarząbek-Perz

Sylwia Jarząbek-Perz

7.2. Formularz świadomej zgody

Formularz świadomej zgody na udział w badaniu, pt. ***„Ocena wybranych parametrów skóry po zastosowaniu oksybrazji i mikronakłuwania oraz glukonolaktonu metodą split face".***

Ja (imię i nazwisko badanego) ……. oświadczam, że otrzymałam i zapoznałam się z treścią informacji dla badanego. Osoba przeprowadzająca badanie udzieliła mi wyczerpujących odpowiedzi na moje pytania. Jestem wystarczająco poinformowana.

Świadomie i dobrowolnie wyrażam zgodę na wykonanie pomiarów skóry oraz na wykonanie serii zabiegów łączonych obejmujących mikrodermabrazję tlenową, mezoterapię mikroigłową oraz aplikację glukonolaktonu w formie peelingu chemicznego. Wiem, że mogę wycofać swoją zgodę w dowolnej chwili bez wpływu na opiekę lekarską jakiej będę potrzebować.

Akceptuję warunki ubezpieczenia na wypadek szkody powstałej w związku z uczestnictwem w badaniu.

Zgadzam się na przetwarzanie moich danych osobowych zgodnie z ustawą o ich ochronie.

Podpis osoby badanej:……..

Łódź, dnia……