Original article / Artykuł oryginalny

Julita Zdrada-Nowak[1] 0000-0003-3255-457X,
Agnieszka Surgiel-Gemza[2*] 0009-0005-8573-6985

[1] *Centrum Terapii Stopy, ul. Świętokrzyska 4, 32-300 Olkusz, Polska*
[2] *Zakład Kosmetologii i Biologii Medycznej, Collegium Medicum im. dr Władysława Biegańskiego, Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie, al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa, Polska*

*Autor korespondencyjny: Agnieszka Surgiel-Gemza agnieszka.surgiel.gemza.asg@gmail.com

Cite / Sposób cytowania Zdrada-Nowak J, Surgiel-Gemza A. Onychomycosis in the elderly. Interdisciplinary cooperation between dermatologists and podiatrists. *Aesth Cosmetol Med*. 2026;15(5):271-277. https://doi.org/10.52336/acm.2026.032

Grzybica paznokci u osób starszych. Współpraca interdyscyplinarna między dermatologami a podologami

Onychomycosis in the elderly. Interdisciplinary cooperation between dermatologists and podiatrists

STRESZCZENIE

Wprowadzenie: Onychomikoza jest powszechną chorobą grzybiczą paznokci, stanowiącą istotne wyzwanie terapeutyczne, szczególnie w populacji osób w podeszłym wieku. Stosowanie samej monoterapii farmakologicznej bywa niewystarczające.
Cel: Celem pracy było przedstawienie przebiegu postępowania diagnostyczno-terapeutycznego u mężczyzny z onychomikozą o rzadkiej etiologii drożdżakowej.
Materiały i metody: U 92-letniego mężczyzny zdiagnozowano ciężką infekcję grzybiczą paznokcia palucha lewego wywołaną przez nietypowy drożdżopodobny patogen z rodzaju *Rhodotorula*. Zastosowano terapię skojarzoną obejmującą ogólnoustrojową terapię pulsową itrakonazolem oraz procedury podologiczne. Dokonano oceny zmian parametrów barwy i tekstury płytki paznokciowej za pomocą cyfrowej analizy obrazu.
Wyniki: Po zastosowaniu czterech cykli terapii pulsowej itrakonazolem oraz trzech zabiegów mechanicznego opracowania płytki uzyskano ustąpienie widocznych klinicznie zmian chorobowych.
Wnioski: Skojarzenie terapii ogólnej itrakonazolem z mechanicznym opracowaniem płytki paznokciowej wiązało się z poprawą kliniczną. Współpraca dermatologa i podologa może stanowić uzupełniający element postępowania u pacjentów w podeszłym wieku. Cyfrowa analiza parametrów barwy i tekstury może wspomagać dokumentację fotograficzną, jednak jej przydatność jako narzędzia oceny skuteczności leczenia wymaga dalszej walidacji.

Słowa kluczowe: onychomikoza, *Rhodotorula* spp., podolog, grzybica paznokci, deformacje płytki, farmakoterapia.

ABSTRACT

Introduction: Onychomycosis is a common fungal nail infection that poses a significant therapeutic challenge, particularly in the elderly population. The use of pharmacological monotherapy alone is often insufficient.
Aim: The study aimed to present the course of diagnostic and therapeutic management in a man with onychomycosis of rare yeast etiology.
Materials and methods: A 92-year-old man was diagnosed with a severe fungal infection of the left big toenail caused by an atypical yeast-like pathogen of the genus *Rhodotorula*. Combination therapy was administered, consisting of systemic pulse therapy with itraconazole and podiatric procedures. Changes in the color and texture of the nail plate were assessed using digital image analysis.
Results: After four cycles of pulsed itraconazole therapy and three sessions of mechanical nail plate treatment, clinically visible lesions resolved.
Conclusions: The combination of systemic itraconazole therapy with mechanical nail plate treatment was associated with clinical improvement. Collaboration between a dermatologist and a podiatrist may serve as a complementary component of management in elderly patients. Digital analysis of color and texture parameters may support photographic documentation; however, its usefulness as a tool for assessing treatment efficacy requires further validation.

Keywords: onychomycosis, *Rhodotorula* spp., podiatrist, nail fungus, nail plate deformities, pharmacotherapy.

This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 Unported (CC BY 4.0) https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

WSTĘP

Onychomikoza jest jedną z najczęstszych infekcji paznokci, stanowiącą około 50% wszystkich patologii płytki paznokciowej oraz do 30% zakażeń skóry wywoływanych przez dermatofity [1-3]. Schorzenie to ma charakter przewlekły, postępujący i często nawracający, co znacząco wpływa na jakość życia pacjentów [4]. Ze względu na rosnącą częstość występowania tej choroby wśród osób starszych, pacjentów z cukrzycą oraz osób z obniżoną odpornością, skuteczne leczenie onychomikozy stało się poważnym wyzwaniem terapeutycznym [5, 6].

Ogólnoustrojowa farmakoterapia przeciwgrzybicza, oparta przede wszystkim na doustnym stosowaniu terbinafiny [7-10] lub itrakonazolu [11-14], stanowi podstawową metodę leczenia umiarkowanych i ciężkich postaci onychomikozy, dobieraną na podstawie profilu patogenu, rozległości zajęcia aparatu paznokciowego oraz potencjalnych interakcji lekowych i obciążeń internistycznych pacjenta.

Obecność hiperkeratozy, rogowacenia podpaznokciowego oraz deformacji płytki paznokciowej może zaburzać penetrację leku i prowadzić do nawrotów. W związku z tym w ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się zintegrowanym modelom leczenia, które łączą terapię ogólnoustrojową lub miejscową z regularną pielęgnacją paznokci oraz mechanicznym bądź chemicznym opracowaniem zmian [15-17].

Dermatolog odgrywa zasadniczą rolę w diagnozowaniu, diagnostyce różnicowej oraz prowadzeniu farmakoterapii, podczas gdy podolog odpowiada za opracowanie zmian, redukcję hiperkeratozy oraz wspomaganie leczenia miejscowego. Badanie z randomizacją IRON-CLAD z 2006 roku, przeprowadzone przez Jenningsa i wsp. [18], potwierdziło, że połączenie terapii ogólnoustrojowej z mechanicznym opracowaniem płytki przynosi większą skuteczność leczenia, wykazując znacznie wyższy odsetek wyleczeń klinicznych w porównaniu z monoterapią przeciwgrzybiczą [19]. Choć badanie to dotyczyło określonego protokołu zabiegowego, stworzyło ono przesłanki do hipotezy, że organizacyjna współpraca dermatologa (odpowiedzialnego za diagnostykę medyczną i farmakoterapię) oraz podologa (realizującego pielęgnacyjne i mechaniczne oczyszczanie tkanek w ramach swoich kompetencji zawodowych) może optymalizować przebieg opieki nad chorym [20-22].

CEL

Celem pracy było przedstawienie przebiegu zintegrowanego postępowania dermatologiczno-podologicznego u pacjenta z ciężką postacią onychomikozy o rzadkiej etiologii *Rhodotorula* spp., a także eksploracyjna ocena zmian parametrów barwy (CIE L*a*b*) i tekstury na podstawie macierzy współwystępowania poziomów szarości (GLCM, *gray-level co-occurrence matrix*) płytki paznokciowej jako uzupełniające narzędzie dokumentacji klinicznej.

MATERIAŁY I METODY

Opis procedury

Pacjent w wieku 92 lat zgłosił się do poradni dermatologicznej z objawami infekcji grzybiczej paznokcia palucha lewego (Rys. 1). Objawy kliniczne obejmowały zmianę zabarwienia płytki paznokciowej, onycholizę oraz rogowacenie podpaznokciowe. Rozpoznanie etiologiczne ustalono na podstawie rutynowej diagnostyki mikologicznej materiału pobranego z przestrzeni podpaznokciowej zmienionego palucha. W badaniu mikroskopowym bezpośrednim stwierdzono obecność blastokonidiów drożdżopodobnych, a badanie hodowlane wykazało wzrost *Rhodotorula* spp., rzadkiego, lecz udokumentowanego czynnika etiologicznego onychomikozy, szczególnie u pacjentów w podeszłym wieku.

Na podstawie wyników badania mikologicznego wdrożono leczenie ogólnoustrojowe itrakonazolem w postaci terapii pulsowej, zgodnie z następującym schematem: 4 pulsy po 7 dni każdy, w dawce 200 mg dwa razy na dobę (łącznie 400 mg/dobę), z 21-dniowymi przerwami. Z uwagi na to, że pacjent zgłosił się do gabinetu podologicznego już po wdrożeniu leczenia, w dostępnej dokumentacji medycznej nie odnotowano wywiadu dotyczącego współistniejących chorób ogólnoustrojowych, leków przyjmowanych na stałe ani przeprowadzonej oceny ryzyka interakcji lekowych z itrakonazolem. Jednak ocena profilu bezpieczeństwa wdrożonej farmakoterapii u 92-letniego pacjenta nie należy do kompetencji podologa.

W celu usunięcia zrogowaciałych mas i ułatwienia odrostu płytki wdrożono równoległe konsultacje podologiczne. Zabiegi mechanicznego opracowania płytki paznokciowej zaplanowano ściśle w okresach przerw pomiędzy pulsami leku ogólnego, aby nie ingerować w szczytowe stężenia tkankowe itrakonazolu w łożysku. Pomiędzy drugim a trzecim cyklem leczenia ogólnoustrojowego pacjent zgłosił się do gabinetu podologicznego w celu wdrożenia mechanicznego oczyszczenia zmienionej chorobowo płytki paznokciowej. Podczas wizyty nasilenie stanu chorobowego oceniono za pomocą wskaź-



Rys. 1. Płytka paznokciowa 92-letniego mężczyzny objęta infekcją grzybiczą.
Źródło: Archiwum własne autorów.

nika nasilenia grzybicy paznokci (OSI, *Onychomycosis Severity Index*) [23], który uwzględnia powierzchnię zajęcia paznokcia, rozległość onycholizy oraz przebarwienia. Wynik wyniósł 16 punktów, co odpowiada ciężkiej postaci onychomikozy.

Procedurę mechanicznego opracowania prowadzono na sucho przy użyciu frezarki podologicznej z pochłaniaczem pyłu, stosując sterylizowane frezy z węglika spiekanego do redukcji hiperkeratozy oraz frezy diamentowe do wygładzenia powierzchni. W ramach codziennej pielęgnacji domowej pacjentowi zalecono aplikację dwóch preparatów, których zadaniem było nawilżenie, uelastycznienie zrogowaceń łożyska oraz wsparcie higieny aparatu paznokciowego:

- PodoPharm Therapy Podoflex Mykostatyczna tinktura do paznokci (INCI: Propylene Glycol, Aqua, Glycerin, Polysorbate 20, Melaleuca Alternifolia Leaf Oil, Althaea Officinalis Root Extract, Thymus Vulgaris Extract, Salvia Officinalis Leaf Extract, Citrus Aurantifolia Fruit Extract, Citrus Tangerina Fruit Extract, Rosmarinus Officinalis Leaf Extract, Calcium Sodium Borosilicate, Silver Oxide, Copper (nano), Salvia Sclarea Oil, Lavandula Angustifolia Oil, Citrus Paradisi Peel Oil, Leptospermum Scoparium Leaf Oil, Cinnamomum Zeylancium Bark Oil, Eugenia Caryophyllus Bud Oil, Phenoxyethanol, Ethylhexylglycerin, Geraniol, Limonene, Linalool, Citral, Cinnamyl Alcohol, Coumarin, Eugenol, PEG-8, Tocopherol, Ascorbyl Palmitate, Ascorbic Acid, Citric Acid.).
- PodoPharm Therapy Mykobooster olejek do paznokci (INCI: Cannabis Sativa Seed Oil, Calophyllum Inophyllum Seed Oil, Melaleuca Alternifolia Leaf Oil, Origanum Vulgare Oil, Eugenia Caryophyllus Bud Oil, Cannabidiol, Limonene, Methyl Eugenol, Eugenol, Linalool, Isoeugenol).

Kolejne wizyty, zaplanowane w odstępach 4-5-tygodniowych, obejmowały ocenę kliniczną, ocenę skuteczności oczyszczania oraz dokumentację fotograficzną postępów terapeutycznych. W trakcie terapii ogólnoustrojowej przeprowadzono łącznie trzy zabiegi podologiczne.

Badanie obejmowało analizę obrazów płytki paznokciowej pacjenta z potwierdzoną onychomikozą, wykonanych zarówno przed rozpoczęciem skojarzonej terapii dermatologiczno-podologicznej, jak i po jej zakończeniu. W celu zapewnienia wiarygodnego porównania parametrów obrazu wszystkie fotografie zostały wykonane w ściśle powtarzalnych warunkach, z wykorzystaniem identycznego oświetlenia studyjnego, standaryzowanych ustawień aparatu fotograficznego oraz stałej odległości od badanej powierzchni.

Analiza obrazu

Analizie poddano dwie fotografie (przed rozpoczęciem leczenia oraz po jego zakończeniu) o identycznej rozdzielczości bazowej (wielkości w pikselach). Obszar zainteresowania (ROI, *region of interest*) obejmujący widoczną płytkę paznokciową został wyznaczony arbitralnie za pomocą ręcznego maskowania dla każdego ze zdjęć. Konwersję wyodrębnionego obszaru ROI z przestrzeni barw RGB (*red, green, blue*) do modelu CIE L*a*b* przeprowadzono przy użyciu biblioteki OpenCV, w której wartości kanałów skalowane są do reprezentacji 8-bitowej (zakres 0-255). Obszar zaklasyfikowany jako wizualnie zmieniony (*path_fraction*) wyodrębniono na podstawie automatycznej segmentacji algorytmem progowania. Następnie, w obrębie zdefiniowanego ROI, obszar zaklasyfikowany wizualnie jako przebarwione masy hiperkeratotyczne wyizolowano na podstawie intensywności pikseli w kanale b*. Przekształcenie ze standardowej przestrzeni RGB do modelu barw CIE L*a*b* (Rys. 2) zrealizowano za pomocą funkcji biblioteki OpenCV, która na potrzeby analizy obrazów 8-bitowych skaluje domyślne parametry matematyczne do dyskretnego zakresu: L* od 0 do 255 (gdzie 255 oznacza maksymalną jasność), a* od 0 do 255 oraz b* od 0 do 255. Zmiany tych wartości interpretowano jako matematyczne wskaźniki odzwierciedlające wizualne odbarwienie płytki. Całość obliczeń przeprowadzono w środowisku analitycznym Python przy użyciu następujących bibliotek:

- OpenCV (analiza i przetwarzanie obrazu),
- NumPy (operacje na macierzach),
- scikit-image (ekstrakcja cech tekstury, w tym GLCM),
- Matplotlib (wizualizacja wyników),
- pandas (przetwarzanie danych liczbowych).

Analiza tekstury (GLCM)

W celu ilościowej oceny struktury płytki paznokciowej zastosowano macierz współwystępowania poziomów szarości GLCM [24-26].

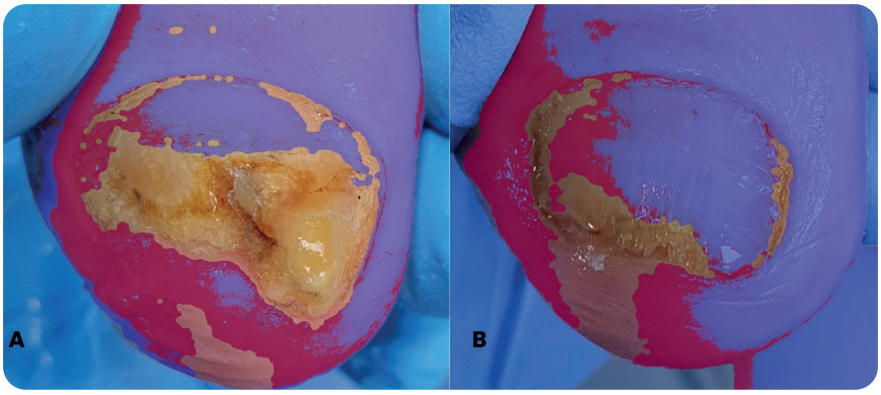
Przeanalizowano cztery podstawowe cechy tekstury:

- kontrast – zmienność intensywności pikseli,
- homogeniczność – stopień lokalnej gładkości powierzchni,
- energia – miara jednolitości strukturalnej,
- korelacja – zależność przestrzenna między sąsiadującymi pikselami.

Parametry te obliczono dla kierunków 0°, 45°, 90° oraz 135°, a następnie uśredniono, aby uzyskać obiektywną charakterystykę zmian tekstury.

Analiza różnicowa

Różnice między wartościami parametrów przed i po terapii przedstawiono w formie tabelarycznej oraz graficznej. Zaobserwowano matematyczny spadek wartości homogeniczności oraz energii GLCM, któremu towarzyszyła znaczna redukcja kontrastu. Spadek wartości matematycznej energii oznacza zmniejszenie uporządkowania i liczby jednolitych stref na obrazie. W odniesieniu do struktury biologicznej, zinterpretowano to jako przejście od jednolicie zmatowiałej i zrogowaciałej struktury mas hiperkeratotycznych do zróżnicowanej optycznie, fizjologicznej mikroarchitektury odrastającej płytki, mającej własne, naturalne prążkowanie.



Rys. 2. Ilościowa cyfrowa analiza obrazu i segmentacja barwy zajętej płytki paznokciowej. A – stan przed leczeniem (wyjściowy) prezentujący ciężką onychomikozę charakteryzującą się wyraźną hiperkeratozą, masami podpaznokciowymi i rozległymi żółtobrązowymi przebarwieniami. Kolorowe nakładki cyfrowe reprezentują zautomatyzowane maski segmentacji wykorzystane do transformacji przestrzeni barw CIE L*a*b* i obliczenia obszaru zmienionego patologicznie (*path_fraction*). B – wynik kliniczny po zintegrowanej terapii dermatologiczno-podologicznej. Widoczna jest znaczna redukcja strefy zmienionej patologicznie z widocznym zdrowym odrostem paznokcia, gładszym profilem powierzchni i normalizacją parametrów barwy (określoną ilościowo poprzez spadek współrzędnych a* i b* oraz ustabilizowany kanał jasności L*). **Źródło:** Archiwum własne autorów.



Rys. 3. Płytka paznokciowa 92-letniego mężczyzny po zakończeniu postępowania dermatologiczno-podologicznego. **Źródło:** Archiwum własne autorów.

WYNIKI

Po 22 tygodniach od rozpoczęcia terapii stwierdzono ustąpienie onycholizy, hiperkeratozy podpaznokciowej, dystalnych przebarwień i odrost prawidłowo uformowanej płytki paznokciowej bez widocznych makroskopowo cech dystrofii (Rys. 3). Z uwagi na brak kontrolnego posiewu mikologicznego po zakończeniu terapii nie było możliwe potwierdzenie wyleczenia mikologicznego (eradykacji *Rhodotorula* spp.). W okresie 6 miesięcy po zakończeniu farmakoterapii nie odnotowano klinicznych cech nawrotu choroby.

Ilościowa analiza obrazu miała charakter eksploracyjny i służyła obiektywizacji dokumentacji fotograficznej (Tab. 1). Segmentacja barwna w przestrzeni CIE L*a*b* wykazała zmniejszenie odsetka powierzchni zaklasyfikowanej przez algorytm jako zmieniona wizualnie, co oznacza zmianę o -37,0%. Zmiana ta wynikała ze stopniowego odrostu zdrowej tkanki oraz mechanicznego usunięcia zżółkniętych mas rogowych. Odnotowano zmianę całkowitej liczby pikseli zaklasyfikowanych jako widoczna płytka paznokciowa (*nail_area_px*). Różnica ta wynika bezpośrednio z czynników udokumentowanych na fotografiach: naturalnego odrostu nowej płytki w ciągu 22 tygodni obserwacji oraz fizycznego odsłonięcia większej powierzchni paznokcia po zeszlifowaniu grubych mas hiperkeratotycznych. Należy jednocześnie zaznaczyć, że z uwagi na brak fizycznego wzorca milimetrowego i arbitralne wyznaczenie granic ROI na obrazach o identycznej rozdzielczości wartości wyrażone w pikselach stanowią miarę względną. Obiektywnie potwierdzają one wyraźny trend powiększania się odsłoniętej struktury paznokcia, lecz nie stanowią bezwzględnego pomiaru anatomicznego pola powierzchni w jednostkach metrycznych.

W zakresie parametrów tekstury GLCM odnotowano spadek kontrastu o 62,7% oraz redukcję wariancji laplasjanu (*tex_lap_var*) o 69,8%, co potwierdza zmniejszenie chaotycznych nieregularności i chropowatości powierzchni. Z kolei spadek parametru energii GLCM o 29,2% wynikał ze zmiany charakteru powierzchni: z jednolicie zmatowiałej, zrogowaciałej powłoki hiperkeratotycznej (cechującej się wysokim zagęszczeniem powtarzalnych pikseli o stałym poziomie szarości) na zróżnicowaną optycznie strukturę naturalnej, zregenerowanej płytki paznokciowej mającej fizjologiczne mikroskopijne prążkowanie.

DYSKUSJA

Onychomikoza pozostaje istotnym wyzwaniem klinicznym, szczególnie u pacjentów geriatrycznych. W zaprezentowanym przypadku czynnikiem etiologicznym okazały się grzyby z rodzaju *Rhodotorula*, będące drożdżopodobnymi patogenami oportunistycznymi, rzadko izolowanymi w infekcjach paznokci [27-30]. W literaturze gatunki *Rhodotorula* opisywane są głównie jako komensale skóry i błon śluzowych lub jako zanieczyszczenia cewników naczyniowych; dlatego też udokumentowane przypadki prawdziwej onychomikozy wywołanej przez ten mikroorganizm należą do rzadkości [31-33]. Choć ogólnoustrojową terapię pulsową itrakonazolem wdrożono zgodnie z wytycznymi, nietypowy charakter patogenu oraz podeszły wiek pacjenta (92 lata) wymusiły zastosowanie bardziej kompleksowej, zintegrowanej strategii.

W ciężkiej lub zaawansowanej onychomikozie tradycyjne podejście farmakologiczne, polegające na oczekiwaniu na zdrowy odrost, często okazuje się niewystarczające. Masy rogowacenia podpaznokciowego, w których bytują elementy grzybni, potęgują oporność na eradykację infekcji. Z jednej strony ogólnoustrojowe leki przeciwgrzybicze dostarczane drogą krwionośną ulegają w łożysku ograniczonej dystrybucji do dystalnych stref uwięzionych w odizolowanej hiperkeratozie [34]. Z drugiej strony, gruba warstwa zrogowaceń drastycznie zaburza również bezkrwawą, przezpaznokciową penetra-

Tab. 1. Ilościowa analiza parametrów płytki paznokciowej przed i po zastosowaniu zintegrowanej terapii dermatologiczno-podologicznej z wykorzystaniem widzenia komputerowego, transformacji przestrzeni barw CIE L*a*b* oraz profilowania tekstury na podstawie macierzy współwystępowania poziomów szarości (GLCM). **Źródło**: Opracowanie własne autorów.

Parametr	Przed terapią	Po terapii	Zmiana (%)	Interpretacja
nail_area_px	109 379	157 993	+44,4	Wzrost liczby pikseli w obszarze ROI
path_area_px	91 213	82 892	-9,1	Zmniejszenie pola powierzchni pikseli zaklasyfikowanego jako odmienne wizualnie
path_fraction	0,834	0,525	-37,0	Spadek odsetka ROI zaklasyfikowanego jako przebarwiony
Średnia L*	192,67	193,63	+0,5	Nieznaczny wzrost jasności
Średnia a*	133,90	128,41	-4,1	Spadek składowej czerwonej w analizowanej skali 8-bitowej
Średnia b*	141,69	133,54	-5,8	Wyrównanie kolorytu, redukcja żółtawego zabarwienia płytki paznokciowej
tex_std	34,33	36,19	+5,4	Nieznaczny wzrost wariancji jasności, efekt przebudowy powierzchni
tex_lap_var	917,94	276,86	-69,8	Znaczący spadek szorstkości i nieregularności strukturalnych
edge_density	11,66	4,88	-58,1	Zmniejszenie gęstości krawędzi, gładsza, bardziej spójna powierzchnia
Kontrast GLCM	105,18	39,18	-62,7	Redukcja kontrastu, wyrównanie tekstury płytki paznokciowej
Homogeniczność GLCM	0,773	0,723	-6,5	Spadek globalnej homogeniczności wynikający z uwidocznienia naturalnego, zróżnicowanego prążkowania zregenerowanej płytki
Energia GLCM	0,600	0,425	-29,2	Spadek uporządkowania strukturalnego na obrazie, wynikający z regeneracji i wzrostu nowej tkanki
Korelacja GLCM	0,993	0,997	+0,4	Wzrost korelacji, poprawa spójności mikrotekstury

cję preparatów miejscowych (takich jak lakiery z amorolfiną czy cyklopiroksem), prowadząc do ich niskiej biodostępności w samym ognisku zakażenia [35, 36]. To wyzwanie terapeutyczne jest dodatkowo potęgowane u osób starszych ze względu na fizjologicznie zwolnione tempo wzrostu paznokcia, co wydłuża czas trwania infekcji [37].

Aby przezwyciężyć te ograniczenia, mechaniczne oczyszczanie staje się kluczową interwencją kliniczną, a nie jedynie dodatkiem estetycznym. Badanie Shemera i wsp. [38] wykazało, że uprzednie mechaniczne opracowanie płytki paznokciowej może kilkukrotnie zwiększyć penetrację środków miejscowych w porównaniu z nienaruszoną, nieopracowaną płytką. Techniki takie jak mechaniczne oczyszczanie usuwają nadmiar warstw hiperkeratotycznych, skracając tym samym fizyczny dystans do łożyska paznokcia. Ponadto mikrootwory i modyfikacje powierzchni powstałe podczas zabiegu służą jako rezerwuary dla preparatów miejscowych, co znacząco zwiększa przezpaznokciowe przenikanie leków [39, 40].

U opisywanego pacjenta celowane mechaniczne oczyszczanie z użyciem frezów diamentowych i z węglika spiekanego zostało strategicznie włączone pomiędzy drugim a trzecim pulsem itrakonazolu, w ramach łącznie trzech wizyt. Chociaż w niniejszym badaniu nie mierzono bezpośrednio dokładnego stopnia penetracji środków miejscowych w głąb płytki paznokciowej, można wysnuć hipotezę, że przerwanie gęstej warstwy hiperkeratotycznej mogło zwiększyć wchłanianie zastosowanych specjalistycznych preparatów wspomagających.

Mechaniczne opracowanie płytki paznokciowej miało na celu:

- zredukowanie zrogowaciałych, zmienionych mas keratynowych,
- usunięcie hiperkeratotycznej bariery mechanicznej ograniczającej prawidłowy wzrost łożyska,
- stworzenie korzystniejszych warunków dla naturalnej przebudowy aparatu paznokciowego, co zostało zilustrowane w niniejszej pracy za pomocą cyfrowych wskaźników tekstury i barwy.

Należy dodatkowo podkreślić, że jednoczesne zastosowanie przez 92-latka silnego leku ogólnoustrojowego (itrakonazolu), specjalistycznych zabiegów podologicznych oraz miejscowych preparatów pielęgnacyjnych stanowi ogromne ograniczenie dla jednoznacznego wnioskowania przyczynowo-skutkowego. Z uwagi na nakładanie się na siebie efektów farmakoterapii oraz procedur mechanicznych, wyodrębnienie indywidualnego wpływu każdej z tych interwencji na ostateczne ustąpienie objawów nie było możliwe i nie zostało w niniejszej pracy potwierdzone jako niezależny czynnik. Wdrożone postępowanie skojarzone doprowadziło do ustąpienia widocznych zmian chorobowych w ciągu 5 miesięcy od rozpoczęcia terapii farmakologicznej. Obserwację tę uzupełniono analizą obrazu, która wykazała redukcję powierzchni zaklasyfikowanej w modelu barwnym jako zmieniona (*path_fraction*), znaczny spadek szorstkości strukturalnej (zmniejszenie wartości parametru *tex_lap_var* o około 70%) oraz wyrównanie kolorytu poprzez redukcję wartości składowych a* i b*. Przedstawiony przebieg kliniczny sugeruje, że mechaniczne oczyszczanie płyt-

ki paznokciowej może stanowić wartościowe wsparcie doustnej terapii itrakonazolem, jednak z uwagi na charakter opisu pojedynczego przypadku i brak grupy kontrolnej nie jest możliwe rozstrzygnięcie, w jakim stopniu uzyskany efekt wynikał z działania leku ogólnego, procedur podologicznych czy naturalnego tempa odrostu aparatu paznokciowego.

W 6-miesięcznym okresie obserwacji po zakończeniu farmakoterapii nie odnotowano makroskopowych cech nawrotu choroby, a pacjent zadeklarował wysoki poziom satysfakcji z osiągniętego rezultatu estetycznego i funkcjonalnego. Należy jednak wyraźnie rozgraniczyć wyleczenie kliniczne od wyleczenia mikologicznego. Brak kontrolnego badania mikologicznego stanowi istotne ograniczenie metodologiczne niniejszej pracy. Odzyskanie prawidłowego wyglądu morfologicznego płytki nie wyklucza obecności przetrwalnikowych form patogenu w głębszych warstwach aparatu paznokciowego, dlatego uzyskany rezultat należy interpretować wyłącznie jako wyleczenie kliniczne.

Ostatecznie przypadek ten ilustruje kluczową synergię między dermatologią a podologią, która wciąż pozostaje niedostatecznie wykorzystywana w opiece geriatrycznej. Kompetencje w tych dwóch dziedzinach w pełni się uzupełniają. Dermatolog odpowiada za diagnostykę mikologiczną, diagnostykę różnicową, kwalifikację do leczenia ogólnoustrojowego oraz monitorowanie jego bezpieczeństwa.

Podolog zapewnia bezpieczne, systematyczne mechaniczne oczyszczanie zmian, wdraża celowaną pielęgnację miejscową i na bieżąco monitoruje postępy terapii dzięki standaryzowanej dokumentacji wizualnej.

Przedstawiony przypadek wskazuje na potencjalne korzyści płynące z komplementarnego podziału zadań pomiędzy dermatologiem (kwalifikacja, diagnostyka różnicowa, farmakoterapia) a podologiem (mechaniczne oczyszczenie, pielęgnacja wspomagająca, standaryzowane monitorowanie fotograficzne). Choć opis pojedynczego przypadku nie pozwala na formułowanie wytycznych ani ustanawianie nowego standardu postępowania klinicznego, uzyskane wyniki mogą stanowić przyczynek do dalszych prospektywnych badań z grupą kontrolną oceniających efektywność procedur skojarzonych w grupie pacjentów geriatrycznych.

WNIOSKI

1. Skojarzenie ogólnoustrojowej farmakoterapii itrakonazolem z zabiegami mechanicznego oczyszczania płytki paznokciowej doprowadziło do uzyskania wyleczenia klinicznego u 92-letniego pacjenta z onychomikozą wywołaną przez *Rhodotorula* spp.
2. Wykorzystane procedury mechanicznego opracowania płytki paznokciowej pozwoliły na fizyczne usunięcie zmienionych mas keratynowych i hiperkeratotycznych, co ułatwiło odsłonięcie zdrowego odrostu i przełożyło się na wysoką satysfakcję pacjenta z estetycznych efektów zabiegu.
3. Komplementarna współpraca dermatologa (odpowiedzialnego za diagnostykę mikologiczną i farmakoterapię) oraz podologa (realizującego procedury oczyszczania tkankowego) może stanowić obiecujący model wsparcia terapeutycznego, szczególnie w populacji geriatrycznej ze spowolnionym wzrostem paznokci.
4. Zastosowana w pracy cyfrowa analiza obrazu ma charakter wyłącznie eksploracyjny i nie jest zwalidowanym narzędziem oceny skuteczności leczenia. Może ona jednak pełnić rolę metody wspomagającej standardową dokumentację wizualną w praktyce podologicznej.
5. Spadek parametrów wariancji laplasjanu (*tex_lap_var*) oraz kontrastu GLCM odzwierciedlał redukcję mikroszorstkości i zatarcia powierzchni po usunięciu mas hiperkeratotycznych. Sugeruje to potencjalną możliwość wykorzystania deskryptorów strukturalnych do opisu zmian makroskopowych, jednak ich przydatność kliniczna wymaga walidacji w niezależnych badaniach na większej próbie.

PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono zastosowanie ilościowych metod analizy obrazu (konwersja CIE L*a*b*, deskryptory tekstury GLCM, wskaźniki krawędziowości i wariancji laplasjanu) do obiektywizacji wyników leczenia ciężkiej onychomikozy paznokcia palucha u 92-letniego pacjenta. Zastosowano terapię łączoną: pulsową farmakoterapię itrakonazolem oraz trzykrotne mechaniczne oczyszczenie płytki paznokciowej. Ekstrakcja danych numerycznych w środowisku Python wykazała redukcję obszaru patologicznego o 37%, spadek o 70% wskaźnika szorstkości (*tex_lap_var*) oraz normalizację składowych barwnych. Uzyskane dane sugerują, że włączenie algorytmów widzenia komputerowego pozwala wzbogacić subiektywną dokumentację zdjęciową o użyteczne dane wskaźnikowe. Analiza ta wymaga jednak rygorystycznej standaryzacji, a jako pełnoprawne narzędzie kontrolujące postępy leczenia zakażeń – niezależnej, dogłębnej walidacji na większej próbie klinicznej.

KONFLIKTY INTERESÓW

Autorzy oświadczają, że nie występują żadne konflikty interesów.

FINANSOWANIE

Badanie to nie otrzymało żadnego finansowania zewnętrznego.

WKŁAD AUTORÓW

JZN: Koncepcja, metodologia, prowadzenie procedur podologicznych, pozyskanie danych obrazowych, analiza i przetwarzanie danych, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu (draft).

ASG: Nadzór, weryfikacja merytoryczna, przegląd piśmiennictwa, redakcja i korekta ostatecznej wersji tekstu.

OŚWIADCZENIE DOTYCZĄCE ETYKI

Badania z udziałem ludzi

W przypadku tego badania nie było wymagane zatwierdzenie przez komisję etyczną, ponieważ przeprowadzono rutynowe działania lekarskie oraz podologiczne.

WYKORZYSTANIE NARZĘDZI OPARTYCH NA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

Narzędzie sztucznej inteligencji było wykorzystane podczas przygotowywania manuskryptu tylko do redakcji językowej.

LITERATURA / REFERENCES

1. Elewski BE, Rich P, Tosti A, et al. Onchomycosis: an overview. *Journal of drugs in dermatology: JDD*. 2013;12:96-103.
2. Queller JN, Bhatia N. The Dermatologist's Approach to Onychomycosis. *Journal of Fungi*. 2015;1:173-184.
3. Gupta AK. Types of onychomycosis. *Cutis*. 2001;68:4-7.
4. Bunyaratavej S, Pattanaprichakul P, Leeyaphan C, et al. Onychomycosis: A study of self-recognition by patients and quality of life. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*. 2015;81:270-274.
5. Gupta AK. Onychomycosis in the elderly. *Drugs & aging*. 2000;16:397-407.
6. Loo DS. Onychomycosis in the elderly: drug treatment options. *Drugs & Aging*. 2007;24:293-302.
7. Maleszka R, Adamski Z, Szepietowski J, Baran E. Treatment of superficial fungal infections – recommendations of experts of Mycological Section of Polish Dermatological Society. *Dermatology Review/Przegląd Dermatologiczny*. 2015;102(4):305-315. https://doi.org/10.5114/dr.2015.53418
8. Ranawaka RR, Nagahawatte A, Gunasekara TA, Weerakoon HS, de Silva SHP. Randomized, double-blind, comparative study on efficacy and safety of itraconazole pulse therapy and terbinafine pulse therapy on nondermatophyte mold onychomycosis: a study with 90 patients. *J Dermatol Treat* 2016;27:364-372.
9. Gupta AK, Stec N, Summerbell RC, et al. Onychomycosis: a review. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2020;34(9):1972-1990. https://doi.org/10.1111/jdv.16394
10. Darkes MJM, Scott LJ, Goa KL. Terbinafine: a review of its use in onychomycosis in adults. *American Journal of Clinical Dermatology*. 2003;4:39-65.
11. Liu J, Vanderwyk KA, Donnelley MA, et al. SUBA-itraconazole in the treatment of systemic fungal infections. *Future Microbiology*. 2024;19:1171-1175.
12. Piérard GE, Arrese JE, Piérard-Franchimont C. Itraconazole. *Expert Opin Pharmacother*. .2000;1(2):287-304. https://doi.org/10.1517/14656566.1.2.287
13. De Beule K, Van Gestel J. Pharmacology of itraconazole. *Drugs*. 2001;61(Suppl 1):27-37.
14. Falotico JM, Lipner SR. Updated Perspectives on the Diagnosis and Management of Onychomycosis. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2022;15:1933-1957. https://doi.org/10.2147/CCID.S362635
15. Tavakkol A, Fellman S, Kianifard F. Safety and efficacy of oral terbinafine in the treatment of onychomycosis: analysis of the elderly subgroup in Improving Results in ONychomycosis-Concomitant Lamisil and Debridement (IRON-CLAD), an open-label, randomized trial. *The American Journal of Geriatric Pharmacotherapy*. 2006;4:1-13.
16. Malay DS, Yi S, Borowsky P, et al. Efficacy of debridement alone versus debridement combined with topical antifungal nail lacquer for the treatment of pedal onychomycosis: a randomized, controlled trial. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2009;48:294-308.
17. Stier DM, Gause D, Joseph WS, et al. Patient satisfaction with oral versus nonoral therapeutic approaches in onychomycosis. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2001;91:521-527.
18. Jennings MB, Pollak R, Harkless LB, et al. Treatment of toenail onychomycosis with oral terbinafine plus aggressive debridement: IRON-CLAD, a large, randomized, open-label, multicenter trial. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2006;96:465-473.
19. Gupta AK, Wang T, Cooper EA. Dermatophytomas: Clinical Overview and Treatment. *Journal of Fungi*. 2022;8(7):742. https://doi.org/10.3390/jof8070742
20. Vlahovic TC, Joseph WS, Scher RK, et al. Diagnosis and management of onychomycosis: perspectives from a joint podiatric medicine-dermatology roundtable. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2016;106(2):155-162.
21. Scher RK, Tosti A, Joseph WS, et al. Onychomycosis diagnosis and management: perspectives from a joint dermatology-podiatry roundtable. *J Drugs Dermatol*. 2015;14(9):1016-1021.
22. Koshnick RL, Lilly KK, Clair KS, et al. Use of diagnostic tests by dermatologists, podiatrists and family practitioners in the United States: pilot data from a cross-sectional survey. *Mycoses*. 2007;50:463-469.
23. Carney C, Tosti A, Daniel R, et al. A new classification system for grading the severity of onychomycosis: Onychomycosis Severity Index. *Archives of dermatology*. 2011;147:1277-1282.
24. Ou X, Pan W, Xiao P. In vivo skin capacitive imaging analysis by using grey level co-occurrence matrix (GLCM). *International Journal of Pharmaceutics*. 2014;460:28-32.
25. de la Casa Almeida M, Suárez Serrano C, Jiménez Rejano JJ, et al. Reliability of texture analysis using co-occurrence matrices (GLCM) on photographic image in the assessment of cellulite in a Spanish population. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology: JEADV*. 2015;29:315-324.
26. Zdrada-Nowak J, Stolecka-Warzecha A, Odrzywołek W, et al. Hyperspectral assessment of acne skin exposed to intense pulsed light (IPL) in acne treatment. *Skin Research and Technology*. 2023;29:e13338.
27. Ioannou P, Vamvoukaki R, Samonis G. Rhodotorula species infections in humans: A systematic review. *Mycoses*. 2019;62:90-100.
28. Tuon FF, Costa SF. Rhodotorula infection. A systematic review of 128 cases from literature. *Revista iberoamericana de micologia*. 2008;25:135-140.
29. Dubois J, Lecerf P, Richert B. Diagnosis and management of dermatophyte onychomycosis. *Rev Med Suisse*. 2026;22(955):558-561. https://doi.org/10.53738/REVMED.2026.22.955.48463
30. Zhou J, Chen M, Chen H, et al. Rhodotorula minuta as onychomycosis agent in a Chinese patient: first report and literature review. *Mycoses*. 2014;57:191-195.
31. Kuros F, Wcisło-Dziadecka D. Evaluation of the effectiveness of combined podiatric therapy using essential oils in the topical treatment of toenail onychomycosis. *Medical Studies/Studia Medyczne*. 2026;42(3):377-391. https://doi.org/10.5114/ms.2026.158798
32. Franconieri F, Bonhomme J, Doriot A, et al. Fungal Peritonitis Caused by Rhodotorula mucilaginosa in a CAPD Patient Treated with Liposomal Amphotericin B: A Case Report and Literature Review. *Peritoneal Dialysis International: Journal of the International Society for Peritoneal Dialysis*. 2018;38:69-73.
33. Żychowska M, Bakuła Z, Decewicz P, et al. The Skin Mycobiome of Patients With Atopic Dermatitis and Healthy Volunteers: A Case-Control Study. *Experimental Dermatology*. 2025;34:e70085.
34. Davies-Strickleton H, Cook J, Hannam S, et al. Assessment of the nail penetration of antifungal agents, with different physico-chemical properties. *PloS One*. 2020;15:e0229414.
35. Kaur IP, Kakkar S. Topical delivery of antifungal agents. *Expert Opinion on Drug Delivery*. 2010;7:1303-1327.
36. Baran R, Kaoukhov A. Topical antifungal drugs for the treatment of onychomycosis: an overview of current strategies for monotherapy and combination therapy. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology: JEADV*. 2005;19:21-29.
37. Li Y, Qin Y, Liu Y, et al. Transfersome enhances nail penetration of antifungal drug and photosensitizer for chemo-photodynamic therapy of onychomycosis in a novel rat model. *Journal of Controlled Release*. 2025;385:114029.
38. Shemer A, Gupta AK, Amichai B, et al. An open comparative study of nail drilling as adjunctive treatment for toenail onychomycosis. *Journal of Dermatological Treatment*. 2016;27:480-483.
39. Kobayashi Y, Komatsu T, Sumi M, et al. In vitro permeation of several drugs through the human nail plate: Relationship between physicochemical properties and nail permeability of drugs. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2004;21:471-477.
40. Gupta AK, Polla Ravi S, Choi SY, et al. Strategies for the enhancement of nail plate permeation of drugs to treat onychomycosis. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*. 2023;37:243-255.

otrzymano / received: 15.09.2026 | zaakceptowano / accepted: 01.10.2026 | opublikowano / published 18.10.2026