

Onychomycosis Caused by *Rhodotorula mucilaginosa* in a Young Immunocompetent Woman in Iran: A Case Report

Milad Karimi Sarab¹, Zeinab Borjjan Boroujeni², Omid Raiesi³, Zeinab Tabanejad⁴,
Morteza Mesri⁴, Peghah Ardi², Mohammad Shokri⁵, Mohammad Hossein Kalami⁶,
Amir Mohammad Sadeghi⁷, Mahdi Zareei^{2*}

¹ Department of Medical Laboratory Sciences, Faculty of Medicine, Islamic Azad University of Chalous, Chalous, Iran

² Department of Medical Mycology, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³ Department of Parasitology, School of Allied Medical Sciences, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran

⁴ Research Center for Trauma in Police Operations, Directorate of Health, Rescue & Treatment, Police Headquarter, Tehran, Iran

⁵ Department of Health Care Services Management, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁶ Department of Medical Laboratory Sciences, Faculty of Medicine, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

⁷ Department of Medical Microbiology, School of Allied Medical Sciences, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 6 January 2023 Accepted: 21 April 2023

Abstract

Background and Aim: *Rhodotorula mucilaginosa* (*R. mucilaginosa*) has emerged as a potential pathogen in immunosuppressed hosts. This fungal agent rarely causes onychomycosis in immunocompetent hosts. In this study, onychomycosis caused by this strain on different fingernails and toenails in an Immunocompetent young adult is reported.

Case Report: The patient was an 18-year-old woman with clinical symptoms of powdery, hyperkeratosis brief around erythema in the distal part of a toenail and deformity with a groove on surface of a fingernail who was referred to the Medical Mycology Laboratory of Hazrat Ghaem therapeutic center. After diagnostic procedures, he was treated with oral itraconazole 200 mg/day for 2 months along with topical clotrimazole and sulfacetamide ointment and was cured. The nails responded satisfactorily to the treatment. After two months of stopping the drug, the absence of fungus elements in the clinical samples was confirmed. Diagnosis and identification of the fungus was confirmed by morphological characteristics, culture, and DNA molecular method, and *R. mucilaginosa* was reported as the etiological agent of onychomycosis. Antifungal drug susceptibility was determined in laboratory using the disk diffusion method according to CLSI guidelines.

Conclusion: The isolated species was reported as an unusual species of onychomycosis, which needs to be considered by mycology laboratory and clinical specialists for its sensitivity to ketoconazole, itraconazole, and econazole and its resistance to amphotericin B and nystatin.

Keywords: *Rhodotorula mucilaginosa*, Onychomycosis, Fungus, Laboratory Diagnosis.

رودوتورولا موسیلاجینوزا عامل اونیکومایکوزیس در یک زن جوان با ایمنی سالم در ایران: گزارشی مورد

میلاذ کریمی سراب^۱، زینب برجیان بروجنی^۲، امید رئیسی^۳، زینب تابانزاد^۴، مرتضی مصری^۴، پگاه آردی^۲، محمد شکری^۵، محمدحسین کلامی^۶، امیرمحمد صادقی^۷، مهدی زارعی^{۲*}

^۱ گروه علوم آزمایشگاهی، دانشکده پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی چالوس، چالوس، ایران
^۲ گروه قارچ شناسی پزشکی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
^۳ گروه انگل شناسی و قارچ شناسی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران
^۴ مرکز تحقیقات تروما در عملیات پلیس، معاونت بهداشت، امداد و درمان، فرماندهی انتظامی، تهران، ایران
^۵ گروه مدیریت خدمات بهداشتی درمانی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
^۶ گروه علوم آزمایشگاهی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران
^۷ گروه میکروبیولوژی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: رودوتورولا موسیلاجینوزا به عنوان یک پاتوژن بالقوه در میزبان‌های سرکوب شده سیستم ایمنی ظاهر شده است. این عامل قارچی به ندرت باعث ایجاد اونیکومایکوزیس در میزبان‌های دارای ایمنی سالم می‌شود. در این مطالعه اونیکومایکوزیس ناشی از این سویه روی ناخن‌های مختلف پا و دست در یک بزرگسال جوان دارای قابلیت ایمنی معرفی می‌شود.

معرفی بیمار: بیمار یک خانم ۱۸ ساله با علائم بالینی ناخن شست پای چپ در قسمت دیستال پودری و لیز شده و هیپرکراتوز زیر ناخن با اریتم مختصر در اطراف بود و ناخن انگشت سبابه دست چپ دفرمه و با سطح چین دار و دارای شیار که به آزمایشگاه مرکز درمانی حضرت قائم (عج) مراجعه نمود. پس از اقدامات تشخیصی، او تحت درمان خوراکی ایتراکونازول ۲۰۰ در روز به مدت ۲ ماه به همراه پماد موضعی کلوتریمازول و سولفاستامید قرار گرفت و درمان شد. ناخن‌ها به طور رضایت بخشی به درمان پاسخ دادند. پس از دو ماه قطع دارو، عدم وجود قارچ در نمونه بالینی تایید گردید. شناسایی و تعیین هویت قارچ توسط ویژگی‌های مورفولوژیکی، کشت و همچنین با روش مولکولی DNA تایید شد و رودوتورولا موسیلاجینوزا به عنوان عامل ایتولوژیک اونیکومایکوزیس گزارش گردید. حساسیت دارویی ضدقارچی در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از روش دیسک دیفیوژن طبق دستورالعمل CLSI تعیین شد.

نتیجه گیری: گونه ایزوله شده به عنوان یک گونه غیرمعمول اونیکومایکوزیس معرفی شد که لازم است حساسیت آن به کتوکونازول، ایتراکونازول و اکونازول و مقاومت آن به آمفوتریسین ب و نیستاتین توسط متخصصین آزمایشگاه قارچ شناسی و متخصصین بالینی مورد ملاحظه و توجه قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: رودوتورولا موسیلاجینوزا، اونیکومایکوزیس، قارچ، تشخیص آزمایشگاهی.

مقدمه

اونیکومایکوزیس عفونت صفحه ناخن است که توسط سه گروه از پاتوژن‌های قارچی کپک‌های درماتوفیتی (DM)، غیر درماتوفیتی (NDM) و مخمرها ایجاد می‌شود (۱،۲). شیوع اونیکومایکوزیس در مطالعات مختلف ۳۰-۲٪ گزارش شده است (۳). با این وجود، رودوتورولا موسیلاجینوزا (*Rhodotorula mucilaginosa*) گونه‌ای از قارچ مخمری رنگی است که معمولاً به عنوان عامل اتیولوژیک عفونت‌های فرصت‌طلب مانند فانگمی، اندوکاردیت و غیره در انسان، بویژه در افراد دارای نقص ایمنی گزارش می‌شود (۴،۵). هرچند رودوتورولا دارای ویروانس کمتری است، اما می‌تواند باعث ایجاد بیماری‌های مختلف از جمله اونیکومایکوزیس در بیماران دارای ایمنی سالم شود (۴). عفونت ناخن با مخمرهای محیطی یک رویداد نسبتاً نادر است، اما به دلیل مقاومت بالای آن‌ها در برابر داروهای ضد قارچی، درمان آن‌ها دشوار است (۶). در این مطالعه ما عفونت ناخن‌های دست و پا را با یک قارچ مخمری غیرمعمول تأیید کرده‌ایم. یک بزرگسال جوان ۱۸ ساله مبتلا به اونیکومایکوزیس که با تشخیص قارچ شناسی پزشکی اونیکومایکوزیس با عامل *R. mucilaginosa* است که از ناخن‌های انگشت شست پای چپ و انگشت سبابه دست چپ جدا شدند. عامل ایزوله شده رودوتورولا به آموتریسین ب و نیستاتین مقاوم است، اما نسبت به آزول‌ها حساس است. اونیکومایکوزیس بیمار با پیروی از حساسیت دارویی در شرایط آزمایشگاهی با موفقیت درمان شد. بیمار در مرحله پیگیری یک ساله بوده و عود اونیکومایکوزیس ندارد.

معرفی مورد: بیمار یک خانم ۱۸ ساله ایرانی که دانش آموز بود و در نیمه آگوست ۲۰۲۱ (روز ۱۰۵-) متوجه ظواهر غیرمعمول (فرورفتگی و شیار روی ناخن) در انگشت شست پای چپ می‌شود که بعد از دو هفته، عارضه گفته شده را در انگشت سبابه دست چپ خود نیز مشاهده می‌نماید. بیمار پس از مدتی وقفه در پیگیری درمانی عوارض ایجاد شده، در ابتدای اکتبر ۲۰۲۱ (روز ۶۰-) جهت درمان به پزشک متخصص پوست مراجعه و داروهای استروئیدی

موضعی و مکمل‌ها و زینک برای وی تجویز می‌گردد. بعد از یک ماه ادامه درمان دارویی و عدم بهبودی، در ابتدای نوامبر ۲۰۱۰ شروع به درمان با طب سنتی می‌نماید (روز ۳۰-). به دلیل عدم معالجه، مجدداً در ابتدای دسامبر ۲۰۲۱ به متخصص پوست مراجعه و برای وی آزمایش قارچ شناسی پزشکی درخواست می‌گردد (روز ۲-). بیمار با عارضه ناخن شست پای چپ که در قسمت دیستال پودری و لیز شده و هیپرکراتوز زیر ناخن با اریتم مختصر در اطراف بود و ناخن انگشت سبابه دست چپ که دفورمه و با سطح چین دار و دارای شیار (شکل ۱؛ چپ) به آزمایشگاه درمانگاه حضرت قائم(عج) مراجعه کرد (روز صفر). بیمار بدون سابقه تروما و بدون خیس خوردگی مداوم در دست‌ها و پاهای خود بود. وی گهگاهی مراجعاتی به ورزشگاه داشته است. با توجه به اظهارات بیمار و تست‌های آزمایشگاهی CBC، وی بدون سابقه نقص ایمنی بود (WBC = 5600/ μ L, Neutrophil = 3640/ μ L, Lymphocyte = 1680/ μ L, RBC = 5.6×10^6 / μ L, Hb = 12.1 mg/dl, HCT = 42%, PLT = 222×10^3 / μ L) آزمایشات سرولوژیک برای ویروس هپاتیت B، آنتی بادی HIV و آنتی بادی‌های ضد هسته‌ای همگی منفی بودند. رادیوگرافی قفسه سینه یافته‌های غیرقابل توجهی را نشان داد. ما هیچ سرکوب سیستم ایمنی پیدا نکردیم.

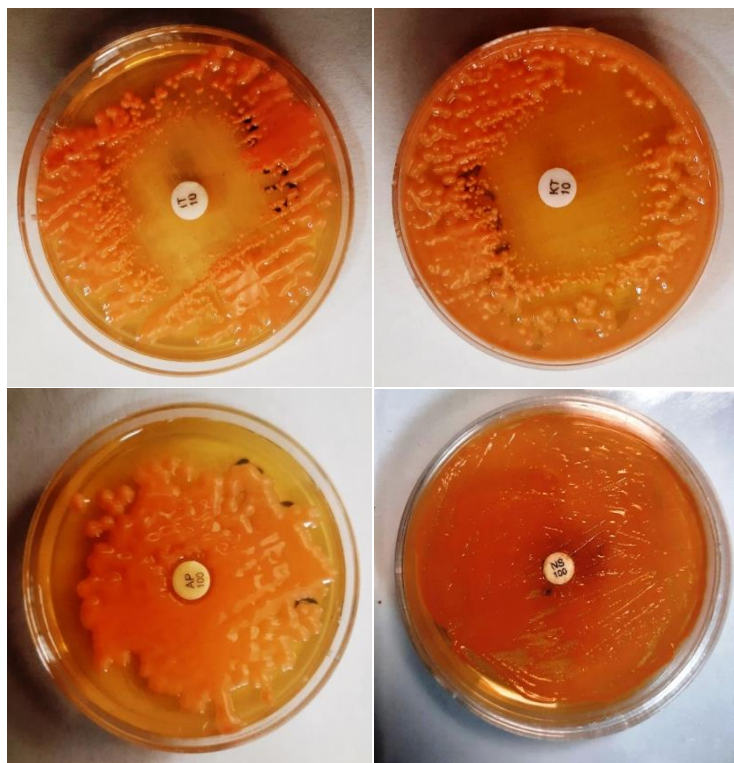
در روز صفر (۰)، پس از اسپسیس ناخن با اتانول ۷۰ درصد، قطعات دیستال و جانبی هر دو صفحه ناخن پا و دست با دبری زیر ناخن با دو ناخنگیر مختلف استریل و دو اسکالپل استریل برداشته و تراشیده شد. بررسی آزمایش مستقیم میکروسکوپی از هر دو ناخن پا و دست با هیدروکسید پتاسیم (KOH) ۲۰ درصد برای عفونت قارچی انجام شد و در نمونه‌های ناخن پا تعدادی سلول مخمری درشت مشاهده گردید، اما در نمونه‌های ناخن دست، مخمری مشاهده نشد. بریده‌های ناخن و تراشه‌ها به محیط کشت‌های سابورو دکستروز آگار معمولی (S) و محیط با سیکلوگزامید و کلرامفنیکل (SCC) در ۳ نقطه تلقیح و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد محیط آزمایشگاه انکوبه شدند. در روز +۵ در نقاط تلقیح شده محیط S کلنی‌های موکوئیدی قرمز متمایل به نارنجی مشاهده گردیدند (شکل ۱؛ راست). از کلنی‌ها، اسمیر تهیه شد و با رنگ آمیزی گرم،



شکل-۱. (چپ) تصویر بالینی ضایعه ناخن‌های بیمار در روز مراجعه به آزمایشگاه؛ (راست) رشد کلنی‌های جنس رودوتورولا در محیط کشت سابورو دکستروز آگار

GenBank در آوریل ۲۰۲۲ در روز ۱۲۵+ تأیید شد. سویه‌های جدا شده نه تنها ویژگی‌های مورفولوژیکی معمولی و *R. mucilaginosa* را نشان دادند، بلکه همسانی و هومولوژی کاملی (۹۹٪) با توالی تأیید شده موجود در GenBank را نشان دادند. عامل جدا شده *R. mucilaginosa* به مجموعه GenBank در پایگاه اطلاعاتی PubMed اضافه شده است. گونه ثبت شده *R. mucilaginosa* با شماره ON527546.1 در دسترس است.

پلاستوسپورها مشاهده گردیدند. به دلیل رنگ کلنی‌ها و با احتمال تشخیص جنس رودوتورولا، تست بیوشیمیایی آورده‌آز انجام شد که مثبت بود و در این پروسه، گونه کاندیدا آلیکنس (ATCC 10231) به عنوان کنترل منفی و گونه کریپتوکوکوس نئوفورمنس (ATCC 24067) به عنوان کنترل مثبت مورد آزمایش قرار گرفتند (۵،۷) که تا حدودی تشخیص جنس رودوتورولا را مسجل نمود. هویت عامل جدا شده با تعیین توالی ناحیه ITS1/ITS4 rRNA (۸،۹) و مقایسه با توالی‌های مرجع ثبت شده در



شکل-۲. نتایج تست حساسیت داروهای ضدقارچی در شرایط آزمایشگاهی، گونه ایزوله شده رودوتورولا به کتوکونازول، ایتراکونازول و اکونازول حساس بود (پائین)، اما به آمفوتریسین ب و نیستاتین مقاوم بود (بالا).

جدول-۱. مراحل بیماری از ابتدای پیدایش، تشخیص بالینی و آزمایشگاهی، درمان تا تعیین هویت عامل بیماریزا

روز	اقدامات تشخیصی و درمانی
-۱۰۵	اولین تظاهرات بالینی - مشاهده شیار و فرورفتگی در سطح ناخن
-۶۰	اولین مراجعه به پزشک متخصص - درمان استروئیدی - داروی مکمل
-۳۰	درمان سنتی و خانگی
-۲	دومین مراجعه به پزشک متخصص
صفر (۰)	ارجاع به آزمایشگاه قارچ شناسی پزشکی - نمونه‌گیری - آزمایش مستقیم میکروسکوپی DME - آزمایش کشت
+۵	مشاهده سلول‌های مخمیری در DME و کلنی‌های موکوتیدی نارنجی رنگ در محیط کشت ساپورو (S) تشخیص جنس رودوتورولا به عنوان عامل بیماری
+۱۰	تست حساسیت دارویی ضد قارچی - حساس به کتوکونازول، ایتراکونازول و اکونازول - مقاوم به آمفوتریسین و نیستاتین
+۱۵	شروع درمان دارویی با کتوکونازول خوراکی، کلوتریمازول موضعی و سولفاستامید
+۱۰۰	بهبودی علائم بالینی و رفع تظاهرات اولیه
+۱۲۵	تعیین هویت عامل بیماریزا با روش مولکولی و معرفی رودوتورولا موسیلاجینوزا بعنوان عامل اتیولوژیک اونیکومایکوزیس

بالینی و آزمایشگاهی CLSI در ۱۰+ روز تعیین شد. پس از تأیید قارچ شناسی و تست حساسیت دارویی، درمان ادامه یافت. با توجه

حساسیت دارویی ضدقارچی در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از روش دیسک دیفیوژن طبق دستورالعمل موسسه استانداردهای

در خصوص تظاهرات بالینی در بیمار مورد مطالعه (شیار و فرورفتگی روی ناخن، ضخامت زیر ناخن، التهاب و قرمزی اطراف ناخن) که مراجعات گهگاهی به ورزشگاه داشته است و در مراجعات به باشگاه ورزشی کفش‌های خود را تعویض می‌نموده است، به نظر می‌رسد که ممکن است با تعویض کفش، ترومای خفیفی ایجاد شده و متعاقب آن قارچ به بافت تلقیح و نفوذ کرده و پس از تکثیر باعث بروز علائم بالینی شده است. هرچند بیمار در طول مدت درگیری از داروهای استروئیدی استفاده نموده است، اما به دلیل اینکه ضایعات و درگیری ناخن قبل از درمان ایجاد شده است، نمی‌تواند به عنوان عامل اصلی و اولیه قلمداد شود. با این حال، می‌تواند به عنوان تشدید کننده یا بازدارنده از بهبودی تلقی شود، با این توضیح که بعد از استفاده از داروی استروئیدی، نه تنها علائم بهبود نیافته است، که می‌تواند باعث تشدید علائم شود.

سویه جدا شده *R. mucilaginosa* در این مطالعه، به داروهای گروه آزلول از جمله کتوکونازول، ایتراکونازول و اکونازول حساس بود، اما به آمفوتریسین ب و نیستاتین مقاوم بود (شکل ۲). هرچند در مطالعات دیگر (۷) حساسیت به آمفوتریسین گزارش شده است، اما در مطالعه گفته شده حساسیت به سایر داروها از جمله فلوکونازول، ایتراکونازول، وریکونازول، کاسپوفانژین و پوساکونازول نیز گزارش شده است.

در مورد حاضر، اونیکومیاکوزیس به ایتراکونازول خوراکی، کلوتریمازول موضعی به همراه سولفاستامید پاسخ خوبی داد و پس از قطع تمام درمان‌های ضد قارچی به مدت دو ماه، هنوز نتوانستیم قارچ‌ها را جدا کنیم.

نتیجه گیری

در این مطالعه یک مورد اونیکومیاکوزیس در یک بیمار بزرگسال و جوان فاقد نقص ایمنی گزارش شد که در آن *R. mucilaginosa* باعث عفونت ناخن‌های انگشت پا و دست شده است. عقیده بر این است که این بزرگسال جوان به دلیل فعالیت‌های خارج از منزل و احتمالاً تروما و پارونیشیا تحت تأثیر عامل فرصت طلب (قارچ

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- تروما می‌تواند به عنوان یک عامل مساعد کننده در درگیری‌های ناخن دخیل باشد. بنابراین، رعایت اصول ایمنی، بخصوص در پوشش کفش با پوتین‌های نظامی و همچنین در تمرینات نظامی می‌بایست مدنظر قرار گیرد. نکته اینکه، ضروری به نظر می‌رسد تا بعد از بروز ضایعات مشابه در این مطالعه در مراجعین و بیماران، متخصصین بالینی قبل از اقدامات درمانی و صرف تشخیص افتراقی بالینی، درمان را شروع ننمایند، بلکه تشخیص آزمایشگاهی و رد موارد قارچی را مورد ملاحظه قرار داده تا موجب طولانی شدن پروسه درمان و یا تشدید احتمالی علائم نگردد.

به نتایج تست حساسیت ضد قارچی در شرایط آزمایشگاهی، گونه ایزوله شده به کتوکونازول، ایتراکونازول و اکونازول حساس بود، اما به آمفوتریسین ب و نیستاتین مقاوم بود (شکل ۲). بیمار با کتوکونازول خوراکی ۲۰۰ میلی‌گرم یک بار در روز، همراه با کرم موضعی کلوتریمازول و سولفاستامید دو بار در روز روی ناخن‌های پا و دست تحت درمان قرار گرفت. سپس وضعیت به طور رضایت بخشی بهبود یافت. پس از حدود ۳ ماه ادامه درمان (+۱۰۰)، ضایعه‌های ناخن‌ها و اطراف ناخن پا به طور کامل بهبود یافت. متعاقباً درمان با ایتراکونازول با دز ۲۰۰ میلی‌گرم در روز برای دو ماه دیگر تا ۵ ماه ادامه یافت. بیمار برای پیگیری در دسترس باقی مانده است. در پیگیری یک ساله هیچ عود اونیکومیاکوزی وجود نداشت. مراحل بیماری از ابتدای پیدایش تا تعیین هویت عامل بیماریزا در جدول ۱ آمده است.

بحث

اونیکومیاکوزیس یک عفونت قارچی ناخن است. مطابق مطالعات قبلی گونه‌های مخمر رودوتورولا نیز می‌توانند همانند گونه‌های کاندیدا (۱۰) عوامل ایجاد کننده اونیکومیاکوزیس باشند. برابر گزارش Hay و همکاران سه الگوی بیماری ناخن مشاهده گردید: اونیکومیاکوزیس دیستروفیک کامل، دیستروفی پروگزیمال و جانبی ناخن (ثانویه به پارونیشیا مزمن) و دیستروفی دیستال و جانبی ناخن، که معمولاً با اونیکولیز، بیماری عروق محیطی و ناهنجاری‌های انگشتان دست و پا همراه است (۱۱).

گونه *R. mucilaginosa* یک مخمر بازیدیومیست است. رودوتورولا یک مخمر رنگدانه‌دار، ساکن محیط طبیعی، فلور نرمال دستگاه تنفسی فوقانی، دستگاه گوارش، سیستم تناسلی و پوست است (۵،۱۲)، اما می‌تواند باعث عفونت‌های فرصت‌طلب فانگمی، اندوکاردیت، مننژیت، پریتونیت و اندوفتالمیت شود (۱۷-۱۳). عفونت رودوتورولا در ۸۷٪ مبتلایان همراه با وجود فاکتور زمینه‌ای یا نقص سیستم ایمنی بوده است (۱۸) و عفونت در افراد دارای ایمنی سالم بسیار نادر و نقش آن به عنوان عامل ایجاد کننده اونیکومیاکوزیس در افراد بدون نقص ایمنی مدت‌ها مورد تردید بوده است. اولین مورد اونیکومیاکوزیس ناشی از *R. mucilaginosa* توسط Cunha و همکارانش شرح داده شد که بیمار دارای سیستم ایمنی سالم بود و نویسندگان پیشنهاد کرده‌اند که این مخمر می‌تواند عامل اولیه اونیکومیاکوزیس باشد (۱۹).

گزارش موردی دیگری نشان داد که ناخن‌های در معرض پسر یازده ساله به طور ثانویه توسط *R. mucilaginosa* آلوده شده‌اند (۲۰). هر دو مورد گفته شده ناشی از *R. mucilaginosa* در ناخن‌های دست یا پای افراد دارای ایمنی سالم ظاهر شد (۱۹،۲۰). در مطالعات دیگری نیز اونیکومیاکوزیس ناشی از جنس رودوتورولا در افراد با ایمنی سالم گزارش گردیده است که مؤید خصوصیت ته‌اجمی گونه رودوتورولا است (۱۹-۲۱).

حضرت قائم(عج) و همچنین همکاران بخش مولکولی گروه قارچ شناسی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران و سایر همکاران به خاطر زحمات ایشان تشکر و قدردانی می‌شود. تدوین و انتشار این مطالعه با پایبندی کامل به اصول اخلاق در پژوهش پزشکی انجام شده است.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

- Shimoyama H, Satoh K, Makimura K, Sei Y. Epidemiological survey of onychomycosis pathogens in Japan by real-time PCR. *Medical Mycology*. 2019;57(6):675-80. doi:10.1093/mmy/myy096
- Welsh O, Vera-Cabrera L, Welsh E. Onychomycosis. *Clinics in Dermatology*. 2010;28(2):151-9. doi:10.1016/j.clindermatol.2009.12.006
- Effendy I, Lecha M, Feuilhade de Chauvin M, Di Chiacchio N, Baran R. Epidemiology and clinical classification of onychomycosis. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*. 2005;19:8-12. doi:10.1111/j.1468-3083.2005.01281.x
- Wirth F, Goldani LZ. Epidemiology of *Rhodotorula*: an emerging pathogen. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*. 2012;2012:465717. doi.org/10.1155/2012/465717
- Duggal S, Jain H, Tyagi A, Sharma A, Chugh TD. *Rhodotorula* fungemia: two cases and a brief review. *Medical Mycology*. 2011;49(8):879-82. doi:10.3109/13693786.2011.583694
- Zaini F, Mahbod ASA, Emami M. Comprehensive medical mycology. 4th ed. Tehran: Tehran University Publications. 2017. [In Persian]
- Uludag Altun H, Meral T, Turk Aribas E, Gorpelioglu C, Karabicak N. A case of onychomycosis caused by *Rhodotorula glutinis*. *Case Reports in Dermatological Medicine*. 2014; 2014:563261. doi:10.1155/2014/563261
- Jarros IC, Veiga FF, Corrêa JL, Barros IL, Gadelha MC, Voidaleski MF, et al. Microbiological and virulence aspects of *Rhodotorula mucilaginosa*. *EXCLI Journal*. 2020;19:687-704.
- Ge G, Li D, Mei H, Lu G, Zheng H, Liu W, et al. Different toenail onychomycosis due to *Rhodotorula mucilaginosa* and *Candida parapsilosis* in an immunocompetent young adult. *Medical Mycology Case Reports*. 2019;24:69-71. doi:10.1016/j.mmcr.2019.04.012
- Fich F, Abarzúa-Araya A, Pérez M, Nauhm Y, León E. *Candida parapsilosis* and *Candida guilliermondii*: emerging pathogens in nail candidiasis. *Indian Journal of Dermatology*. 2014;59(1):24-9. doi:10.4103/0019-5154.123485
- Hay RJ, Baran R, Moore MK, Wilkinson JD. *Candida* onychomycosis—an evaluation of the role of *Candida* species in nail disease. *British Journal of Dermatology*. 1988;118(1):47-58. doi:10.1111/j.1365-2133.1988.tb01749.x
- Ioannou P, Vamvoukaki R, Samonis G. *Rhodotorula* species infections in humans: A systematic review. *Mycoses*. 2019;62(2):90-100. doi:10.1111/myc.12856
- Duggal S, Jain H, Tyagi A, Sharma A, Chugh TD. *Rhodotorula* fungemia: two cases and a brief review. *Medical Mycology*. 2011;49(8):879-82. doi:10.3109/13693786.2011.583694
- Mohd Nor F, Tan LH, Na SL, Ng KP. Meningitis caused by *Rhodotorula mucilaginosa* in HIV-infected patient: a case report and review of the literature. *Mycopathologia*. 2015;180:95-8. doi:10.1007/s11046-015-9879-0
- Kitazawa T, Ishigaki S, Seo K, Yoshino Y, Ota Y. Catheter-related bloodstream infection due to *Rhodotorula mucilaginosa* with normal serum (1→3)-β-D-glucan level. *Journal de Mycologie Médicale*. 2018;28(2):393-5. doi:10.1016/j.mycmed.2018.04.001
- García-Suárez J, Gómez-Herruz P, Cuadros JA, Guillén H, Burgaleta C. *Rhodotorula mucilaginosa* catheter-related fungaemia in a patient with multiple myeloma. *Mycoses*. 2011;54(4):e214-6. doi:10.1111/j.1439-0507.2009.01816.x
- Kim HA, Hyun M, Ryu SY. Catheter-associated *Rhodotorula mucilaginosa* fungemia in an immunocompetent host. *Infection & Chemotherapy*. 2013;45(3):339-42. doi:10.3947/ic.2013.45.3.339
- Kiehn TE, Gorey E, Brown AE, Edwards FF, Armstrong D. Sepsis due to *Rhodotorula* related to use of indwelling central venous catheters. *Clinical Infectious Diseases*. 1992;14(4):841-6. doi:10.1093/clinids/14.4.841
- Da Cunha MM, Dos Santos LP, Dornelas-Ribeiro M, Vermelho AB, Rozental S. Identification, antifungal susceptibility and scanning electron microscopy of a keratinolytic strain of *Rhodotorula mucilaginosa*: a primary causative agent of onychomycosis. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*. 2009;55(3):396-403. doi:10.1111/j.1574-695X.2009.00534.x
- Martini K, Müller H, Huemer HP, Höpfl R. Nail psoriasis masqueraded by secondary infection with *Rhodotorula mucilaginosa*. *Mycoses*. 2013;56(6):690-2. doi:10.1111/myc.12091
- Zhou J, Chen M, Chen H, Pan W, Liao W. *Rhodotorula minuta* as onychomycosis agent in a Chinese patient: first report and literature review. *Mycoses*. 2014;57(3):191-5. doi:10.1111/myc.12143