Received: 2022/7/8
Accepted: 2023/8/22
How to cite:
Sepandi M, Alimohamadi Y, Alimohamadi K, Arshadi M, Sharifzadeh A. Mucormycosis and COVID-19: A systematic review. EBNESINA 2024;25(4):86-93.
DOI: 10.22034/25.4.86

Review Article

Mucormycosis and COVID-19: A systematic review

Mojtaba Sepandi[1], Yousef Alimohamadi[2]✉, Kolsoom Alimohamadi[3], Maedeh Arshadi[4], Aghil Sharifzadeh[5]

Abstract

Background and aims: Identifying factors that contribute to the progression of COVID-19 in patients is crucial for preventing fatalities. Mucormycosis is one such influential factor. Hence, this study aimed to conduct a systematic review on the correlation between black fungus infection and COVID-19.

Methods: This systematic review followed the PRISMA protocol and utilized international databases.

Results: A total of 161 cases were documented among 7495 COVID-19 patients. The majority of cases were reported in India. Among the case reports, 16 (76%) were male and six (24%) were female. Diabetes mellitus was prevalent in 56% of cases, with hypertension being the second most common comorbidity. Rhinocerebral mucormycosis emerged as the most prevalent clinical form of the disease.

Conclusion: Timely identification of mucormycosis cases, monitoring of hyperglycemia, appropriate use of antibiotics, and corticosteroids can help curb the rising incidence of this fungal infection.

Keywords: Mucormycosis, COVID-19, Systematic Review

EBNESINA - IRIAF Health Administration (Vol. 25, No. 4, Serial 85 Winter 2024)

1. Associate professsor, Health Research Center, Life Style Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Assistant professsor, Health Research Center, Life Style Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3. MSc, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4. MSc, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
5. Associate professsor, Mycology Research Center, Department of Microbiology and Immunology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

✉ Corresponding Author:
Yousef Alimohamadi
Address: Health Research Center, Life Style Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
Tel: +98 (21) 87555521
E-mail: y.alimohamadi67@gmail.com

OPEN ACCESS

Copyright© 2024. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms. Downloaded from: http://www.ebnesina.ajaums.ac.ir

مقاله مروری

عفونت قارچ سیاه و کووید-۱۹: یک مرور نظام‌مند

مجتبی سپندی[۱]، یوسف علی‌محمدی[۲]✉، کلثوم علی‌محمدی[۳]، مائده ارشدی[۴]، عقیل شریف‌زاده[۵]

چکیده

زمینه و اهداف: شناسایی عوامل مؤثر بر میرایی بیماران مبتلا به کووید-۱۹می‌تواند نقش مهمی در پیشگیری از مرگ در این بیماران داشته باشد. ازجمله این عوامل مؤثر، موکور مایکوز است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر، مرور نظام مند رابطه عفونت قارچ سیاه و بیماری کووید-۱۹ بود.

روش بررسی: مطالعه مرور نظام‌مند حاضر با استفاده از پروتکل پریزما در بانک‌های اطلاعاتی بین‌المللی صورت گرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج در مجموع ۱۶۱ مورد عفونت قارچ سیاه در ۷۴۹۵ بیمار کووید-۱۹ گزارش شد. بیشترین موارد از هند گزارش شده است. از میان مطالعات موردی، ۱۶ مورد (۷۶٪) مرد و ۶ مورد (۲۴٪) زن بودند. در اکثر موارد (۵۶٪) دیابت وجود داشت. پرفشاری خون دومین بیماری شایع همراه بود. موکورمایکوزیس رینو سربرال شایع‌ترین شکل بالینی این بیماری بود.

نتیجه‌گیری: تشخیص زودهنگام موارد موکورمایکوزیس، ارزیابی هیپرگلیسمی، استفاده علمی از آنتی‌بیوتیک‌ها و کورتیکواستروئیدها می‌تواند از افزایش بروز این عفونت قارچی جلوگیری کند.

کلمات کلیدی: موکورمایکوز، کووید-۱۹، مرور سیستماتیک

فصلنامه علمی پژوهشی ابن‌سینا / اداره بهداشت، امداد و درمان نهاجا (سال بیست و پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۲، مسلسل ۸۵)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۳۱

۱. دانشیار، دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله(عج)، پژوهشکده سبک زندگی، تهران، ایران
۲. استادیار، دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله(عج)، پژوهشکده سبک زندگی، تهران، ایران
۳. کارشناس ارشد، دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله(عج)، دانشکده بهداشت، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، تهران، ایران
۴. کارشناس ارشد، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، تهران، ایران
۵. دانشیار، دانشگاه تهران، دانشکده دامپزشکی، مرکز تحقیقات قارچ‌شناسی، گروه میکروبیولوژی و ایمونولوژی، تهران، ایران

✉نویسنده مسئول: یوسف علی‌محمدی
آدرس: تهران، دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله(عج)، پژوهشکده سبک زندگی، تهران، ایران
تلفن: ۸۷۵۵۵۵۲۱ (۲۱) ۹۸+
ایمیل: y.alimohamadi67@gmail.com

همه حقوق مادی و معنوی این اثر به فصلنامه علمی پژوهشی ابن‌سینا / اداره بهداشت، امداد و درمان نهاجا تعلق دارد.

مقدمه

درماه دسامبر سال ۲۰۱۹، تعدادی از موارد بیماری تنفسی بدون علت مشخص، با علائم بالینی شبیه به ذات‌الریه ویروسی در ووهان و هوبئی چین تشخیص داده شد. این بیماری توسط سازمان جهانی بهداشت تحت عنوان کووید-۱۹ نامگذاری شد [۱]. اگر چه بیشتر افراد دارای علائم خفیف هستند، اما برخی ممکن است دچار نارسایی تنفسی، آریتمی، شوک، نارسایی کلیوی، آسیب قلبی عروقی یا نارسایی کبدی شوند [۲]. وضعیت اپیدمی کووید-۱۹ در سرتاسر جهان همچنان با چالش‌هایی مواجه است [۳]. علی‌رغم گذشت بیش از چهار سال از شروع همه‌گیری کووید-۱۹، هنوز این بیماری در سطح جهان ادامه دارد و یک معظل بزرگ بهداشتی و سلامت محسوب می‌شود [۴]. مقدار کلی نسبت کشندگی (CFR)[1] در بیماران در دوران اوج اپیدمی، ۳/۸٪ تخمین زده شده بود [۵]. همچنین این نسبت در بیمارانی که سابقه ابتلاء به بیماری های قلبی عروقی، دیابت، فشار خون بالا، بیماری‌های تنفسی و سرطان را داشتند به ترتیب ۱۳/۲٪، ۹/۲٪، ۸/۴٪، ۸٪ و ۷/۶٪ گزارش شده بود [۶]. اما CFR هم اکنون در بسیاری از کشورها کاهش یافته است [۷]. بیماران کووید-۱۹ ممکن است در تعداد سلول‌های تی CD4 و CD8 خود دچار نقص شوند و بنابراین مستعد ابتلا به طیف گسترده‌ای از عفونت‌ها، به‌ویژه عفونت‌های قارچی هستند [۸]. از سوی دیگر، استفاده از گلوکوکورتیکوئیدها نیز می تواند باعث عفونت های باکتریایی یا قارچی ثانویه شود، از جمله آسپرژیلوس مهاجم ریوی و موکورمایکوز، که سیر کووید-۱۹ را پیچیده می‌کند [۹]. موکورمایکوزیس یک عفونت قارچی فرصت طلب است که توسط قارچ های کپک از جنس ریزوموکور، آبسیدیا، ریزوپوس، کانینگهاملا و موکور[2] ایجاد می‌شود که در شرایط ضعف سیستم ایمنی ظاهر می‌شود [۱۰]. تظاهرات شایع شامل موکورمایکوزیس از طریق رینوسربرال، ریوی، پوستی، گوارشی و سایر انواع قابل انتقال است. در کشورهای توسعه یافته، بدخیمی‌های خونی و پیوند سلول‌های بنیادی خونساز و در کشورهای در حال توسعه، دیابت کنترل نشده علل اصلی هستند. موکورمایکوزیس همچنین می‌تواند در افرادی با سطح ایمنی طبیعی رخ دهد [۱۱]. شیوع کلی ناشناخته است زیرا مطالعات مبتنی بر جمعیت کمی وجود دارد و در یک مطالعه گذشته‌نگر در ایالات متحده، شیوع ۱/۷ در میلیون گزارش شده است. طبق یک گزارش مروری، سن بیماران از چند ماهگی تا بیش از ۷۰ سال است. سرعت انتشار موکورمایکوزیس نیز قابل توجه است و تأخیر در تشخیص می‌تواند کشنده باشد، زیرا ۵۰٪ موارد موکورمایکوزیس در یک سری کالبد شکافی پس از مرگ تشخیص داده می‌شوند [۱۲]. افراد مبتلا به کووید-۱۹ در معرض خطر بیشتری برای ابتلا به عفونتهای فرصت‌طلب از جمله موکورمایکوزیس هستند [۱۳]. بر همین اساس، ما یک مرور سیستماتیک را برای شناسایی موارد موکورمایکوز مرتبط با کووید-۱۹ و توصیف ویژگی‌های بالینی، عوامل خطر و پیامدهای آن انجام دادیم.

روش بررسی

این مطالعه به صورت مرور نظام‌مند متون و با استفاده از پروتکل پریزما در بانک‌های اطلاعاتی بین‌المللی از ابتدا تا ۱۳ می ۲۰۲۱ به منظور بررسی ارتباط کووید-۱۹ با موکورمایکوزیس انجام شد.

کلمات کلیدی برای جستجو شامل:

"COVID-19" OR " COVID 19" OR " 2019-nCoV" OR "2019 nCoV" OR "SARS CoV 2" OR "SARS-CoV-2" OR "SARS Coronavirus2" OR "Coronavirus" AND "Mucormycosis" OR "Zygomycosis" OR "Phycomycosis" OR "Mucorales" OR "Mucor" OR "Rhizopus" OR "Rhizomucor" OR "Cunninghamella" OR "Absidia".

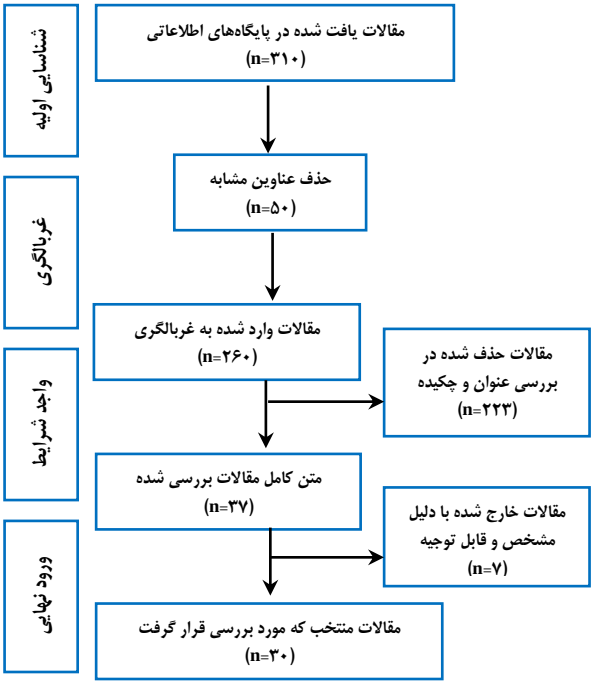
بود که به کمک سرعناوین پزشکی استخراج گردید. جستجو در سه پایگاه بین‌المللی شامل پابمد/مدلاین، اسکوپوس

1. Case Fatality Ratio
2. Rhizopus, Absidia, Rhizomucor, Cunninghamella, Mucor

و گوگل اسکالر با استفاده از ترکیب کلمات کلیدی و کلیدهای عملکردی (AND و OR) صورت گرفت.

ابتدا مطالعات جستجو شده بر اساس عنوان مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. در گام بعدی مقالات انتخاب شده برحسب چکیده مورد بررسی مجدد قرار گرفت و سپس با مطالعه اجمالی متن کامل مستندات انتخاب شده بر حسب چکیده، مقالات نهایی برای ورود به مطالعه انتخاب گردید. در گام نهایی کیفیت مقالات استخراج شده مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج با مطالعه محتوای متن کامل مقالات انتخابی ارائه گردید. جهت اطمینان از فرآیند صورت گرفته، فرد دیگری نیز به صورت مستقل جستجوهای صورت گرفته را انجام داد که در اکثر موارد باهم انطباق داشتند.

معیارهای ورود مقالات شامل زبان مقاله (انگلیسی) و موضوع مقاله بود و معیارهای خروج شامل عدم دسترسی به متن کامل مقاله، عدم ارتباط موضوع مورد نظر بود. با انجام جستجوی اولیه با استفاده از کلید واژه‌ها، ابتدا ۳۱۰ مقاله مرتبط با موضوع در این حوزه به دست آمد. سپس همه این مقالات وارد نرم‌افزار اندنوت[1] نسخه ۹ شد و براساس معیارهای ورود و خروج مورد غربالگری قرار گرفت که در نهایت تعداد ۳۷ مقاله واجد شرایط جهت بررسی دقیق‌تر وارد مطالعه گردید (شکل ۱). داده‌های شامل تاریخ انتشار، کشور، اندازه نمونه و نوع مطالعه و فاکتورهای مرتبط توسط دو محقق مستقل استخراج شد. یک محقق سوم لیست مقاله‌ها و همچنین داده‌ها را بررسی کرد تا اطمینان حاصل شود که هیچ مقاله تکراری وجود ندارد و همچنین در موارد اختلاف نظر دو نفر مذکور در مورد کنار گذاشتن و یا نگذاشتن مقالات، تصمیم نهایی را می‌گرفت.



شکل ۱- نحوه انتخاب و غربالگری مقالات وارد شده به آنالیز نهایی

یافته‌ها

پس از جستجو در پایگاه‌های الکترونیکی پابمد و گوگل اسکالر، ۳۱۰ مقاله احتمالی مرتبط با موضوع تحقیق شناسایی شد. ۵۰ مقاله به دلیل تکرار حذف شد. از ۲۶۰ مقاله باقی مانده، ۲۲۳ مقاله پس از غربالگری بر اساس چکیده و عنوان حذف شدند. در نهایت، ۳۷ مقاله با مطالعه متن کامل آنها، بررسی شدند. علاوه بر این، ۷ مقاله به دلیل نداشتن داده‌های مورد نیاز حذف شدند. در نهایت، ۳۰ مطالعه مربوط به موکورمایکوز مرتبط با کووید-۱۹ وارد شدند. این مطالعات شامل ۷۴۹۵ مورد بود. فرآیند جستجو و انتخاب مطالعه در نمودار جریان پریزما در شکل ۱ نشان داده شده است. از این ۳۰ مطالعه، ۲۱ مورد گزارش موردی، ۴ مورد مقطعی، ۳ مورد شبه‌تجربی و ۲ مورد گزارش موارد بودند. مطالعات اکثراً از هند (۱۱ مطالعه) و پس از آن ایالات متحده آمریکا (۷ مطالعه)، اتریش، اسپانیا، انگلستان، ایتالیا، ایران، آلمان، برزیل، چین، شیلی، عراق، مصر، مکزیک (هر کدام یک مطالعه) بودند (جدول ۱). به طور کلی، ۱۶۱ مورد موکورمایکوزیس در ۷۴۹۵ بیمار کووید-۱۹ گزارش شد. بیشترین موارد از هند (۷۸ مورد، ۴۸/۴٪) گزارش شده است. از میان مطالعات موردی، ۱۶ مورد (۷۶٪) مرد و ۶ مورد (۲۴٪)

1. Endnote

جدول ۱- ویژگی‌های توصیفی مطالعات وارد شده به مطالعه

نویسنده اول [منبع]	کشور	نوع مطالعه	تعداد کل: تعداد موکور	سن	جنسیت
آلکسیف [۱۴]	آمریکا	گزارش موردی	۱:۱	۴۱	مرد
آرانا [۱۵]	اسپانیا	گزارش موردی	۲:۲	۶۲ و ۴۸	۲ مرد
اورت [۱۶]	آلمان	گزارش موارد	۸:۸	میانه ۶۲	۴ مرد ۴ زن
دومونته [۱۷]	برزیل	گزارش موردی	۱:۱	۸۶	مرد
الخولی [۱۸]	مصر	شبه‌تجربی	۳۶:۳۶	۵۲/۹۲	۱۹ مرد ۱۷ زن
فرید [۱۹]	عراق	گزارش موردی	۱:۱	۵۳	مرد
هانلی [۲۰]	انگلستان	گزارش موارد	۱:۱۰	نامشخص	نامشخص
جانسون [۲۱]	آمریکا	گزارش موردی	۱:۱	۷۹	مرد
کانوار [۲۲]	آمریکا	گزارش موردی	۱:۱	۵۶	مرد
خان [۲۳]	آمریکا	گزارش موردی	۱:۱	۴۴	زن
کریشنا [۲۴]	هند	گزارش موردی	۱:۱	۵۰	مرد
مائینی [۲۵]	هند	گزارش موردی	۱:۱	۳۸	مرد
مهتا [۲۶]	هند	گزارش موردی	۱:۱	۶۰	مرد
مکونن [۲۷]	آمریکا	گزارش موردی	۱:۱	۶۰	مرد
مورثی [۲۸]	هند	مقطعی	۱۸:۱۸	۵۴/۶	۳ زن ۱۵ مرد
پاسرو [۲۹]	ایتالیا	گزارش موردی	۱:۱	۶۶	مرد
رائو [۳۰]	هند	گزارش موردی	۱:۱	۶۶	مرد
روان‌آور [۳۱]	هند	گزارش موردی	۱:۱	میانسال	زن
سالدانها، ام [۳۲]	هند	گزارش موردی	۱:۱	۳۲	زن
سن [۳۳]	هند	شبه‌تجربی	۶:۶	۶۰/۵	مرد
ویسی [۳۴]	ایران	گزارش موردی	۲:۲	۴۰ و ۵۴	۱ زن و ۱ مرد
ویزل‌هاییات [۳۵]	مکزیک	گزارش موردی	۱:۱	۲۴	زن
ورتمن‌اهلرنریچ[۳۶]	آمریکا	گزارش موردی	۱:۱	۳۳	زن
ژو [۳۷]	چین	مقطعی	۶:۲۵۷	میانه ۵۱	نامشخص
زورل [۳۸]	اتریش	گزارش موردی	۱:۱	۵۳	مرد
گارگ [۳۹]	هند	گزارش موردی	۱:۱	۵۵	مرد
خنری [۴۰]	آمریکا	گزارش موردی	۱:۱	۶۸	مرد
پل [۴۱]	هند	مقطعی	۱۶:۶۲۵۰	۴۶/۵	۱۳ مرد و ۳ زن
ربگلیاتی [۴۲]	شیلی	مقطعی	۱۶:۸۵۶	میانه ۶۵	۱۰ مرد و ۶ زن
رونی [۴۳]	هند	شبه‌تجربی	۳۱:۳۱	۵۶/۳	۲۰ مرد ۱۱ زن

زن بودند. در اکثر موارد (۵۶٪) دیابت وجود داشت. پرفشاری خون دومین بیماری شایع همراه بود. موکورمایکوزیس رینوسربرال شایع‌ترین شکل بالینی این بیماری بود.

بحث و نتیجه‌گیری

مرور سیستماتیک حاضر به منظور بررسی موارد گزارش شده کووید-۱۹ با موکورمایکوزیس انجام شد. این مطالعه نشان داد که بیشتر موارد گزارش شده مربوط به هند است. فراوانی موکورمایکوزیس در جنس مذکر بیشتر از زنان بود (۱۰۶ مورد مرد در مقابل ۴۸ مورد زن) در این مطالعه، شایع‌ترین محل عفونت گزارش شده موکورمایکوزیس رینوسربرال بود. شیوع کووید-۱۹ و استفاده بی‌رویه از استروئیدها دو ویژگی منحصر به فرد مشترک موج دوم بودند و به نظر می‌رسید که باعث ایجاد موکورمایکوزیس می‌شوند [۴۴]. موکورمایکوزیس یک عفونت قارچی تهاجمی است که می‌تواند در مبتلایان دیابت کنترل نشده، نارسایی کلیوی، پیوند اعضا، درمان طولانی مدت با کورتیکواستروئیدها و درمان های سرکوب‌کننده سیستم ایمنی و بدخیمی‌ها ایجاد شود [۴۵]. با شروع اپیدمی گسترده کووید-۱۹ در سطح جهانی، مراقبت‌های حمایتی و کورتیکواستروئیدها درمان‌های خوبی برای این بیماران بود. از سوی دیگر، وجود بیماری‌هایی مانند دیابت و همچنین استفاده بیش از حد از استروئیدها می تواند این بیماران را مستعد ابتلا به عفونت های قارچی کند و مدیریت کووید-۱۹ را با مشکل مواجه کند [۴۶]. افزایش بروز موکورمایکوزیس در طول موج دوم اپیدمی نشان می‌دهد که هیپرگلیسمی، اسیدوز، نقص ایمنی و افزایش آهن از جمله عوامل مهم مرتبط با پاتوژنز موکورمایکوزیس هستند. در این اپیدمی، درمان با استروئیدها و فریتین افزایش یافت و عواملی مانند استفاده از ماسک، اکسیژن درمانی و آنتی‌بیوتیک های وسیع‌الطیف نقش مهمی در فراهم کردن محیط مناسب برای رشد موکورمایکوزیس داشت [۴۴]. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین میزان بروز موکورمایکوزیس در کشور هند بود. به نظر می‌رسد افزایش ناگهانی موکورمایکوزیس در هند به عوامل مختلفی بستگی دارد. سیستم مراقبت‌های بهداشتی در هند قادر به غلبه بر موج دوم کووید-۱۹ نبود و این کشور با تقاضای اضطراری و بیش از حد برای تخت‌های بیمارستانی، دارو، واکسن، اکسیژن و دسترسی به مراقبت‌های بهداشتی مواجه بود. در همین حال، حدود سه چهارم آنها دیابت به عنوان یک بیماری مستعد کننده داشتند و برای درمان کووید-۱۹ کورتون دریافت کردند [۴۷]. مطالعات همچنین نشان داده‌اند که دیابت یک عامل خطر مهم برای بیماری شدید کووید-۱۹ است و شایعترین بیماری است که با موکورمایکوزیس مرتبط است [۴۴]. مطالعه دیگری نشان داد که انتقال موکورمایکوزیس از طریق آب در مرطوب کننده‌های اکسیژن می‌تواند دلیلی برای افزایش نامتناسب تعداد موارد موکورمایکوزیس در کشوری در حال توسعه مانند هند باشد [۴۸]. بنابراین، بروز بیشتر عفونت‌های همزمان با کووید-۱۹، از جمله موکورمایکوزیس، را می‌توان برای هند

پیش‌بینی کرد. برای جلوگیری از تشدید عفونت‌های قارچی، استفاده از کورتیکواستروئیدها و تنظیم‌کننده‌های ایمنی در بیماران مبتلا به کووید-۱۹ باید با احتیاط انجام شود [۴۹].

نتایج نشان می‌دهد که کووید-۱۹ با عفونت‌های ثانویه مانند موکورمایکوزیس همراه است که می‌تواند عوارض و پیامدهای قابل توجهی برای بیماران داشته باشد. اختلالات سیستم ایمنی در افراد مبتلا به بیماری‌های زمینه‌ای مانند دیابت و استفاده گسترده از آنتی‌بیوتیک ها و استروئیدها با طیف وسیع می‌تواند باعث تشدید بیماری و ایجاد عفونت‌های قارچی شود. بنابراین تشخیص به موقع موارد موکورمایکوزیس، ارزیابی هیپرگلیسمی، استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها و کورتون‌ها به صورت علمی می‌تواند از افزایش بروز این عفونت قارچی جلوگیری کند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان از تمامی کسانی که در پیشبرد اهداف مطالعه یاری نموده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

سهم نویسندگان

همه نویسندگان در ایده‌پردازی و انجام طرح، همچنین نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تأیید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت، دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می‌پذیرند.

منابع مالی

برای نگارش این مقاله از هیچ سازمانی حمایت مالی دریافت نشده است.

References

1. Chan JF, Yuan S, Kok KH, To KK, Chu H, Yang J, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: A study of a family cluster. Lancet. 2020;395(10223):514-523. doi:10.1016/s0140-6736(20)30154-9
2. Guo YR, Cao QD, Hong ZS, Tan YY, Chen SD, Jin HJ, et al. The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak - an update on the status. Military Medical Research. 2020;7(1):11. doi:10.1186/s40779-020-00240-0
3. Farnoosh G, Alishiri G, Zijoud S, Dorostkar R, Farahani AJ. Understanding the 2019-novel coronavirus (2019-nCoV) and coronavirus disease (COVID-19) based on available evidence - A narrative review. Journal of Military Medicine. 2020;22(1):1-11. [Persian]
4. Chen K, Pun CS, Wong HY. Efficient social distancing during the COVID-19 pandemic: Integrating economic and public health considerations. European Journal of Operational Research. 2023;304(1):84-98. doi:10.1016/j.ejor.2021.11.012
5. Rajgor DD, Lee MH, Archuleta S, Bagdasarian N, Quek SC. The many estimates of the COVID-19 case fatality rate. Lancet Infectious Diseases. 2020;20(7):776-777. doi:10.1016/s1473-3099(20)30244-9
6. World Health Organization. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). 2020 [Accessed 2021 December 11]; Available from: https://www.who.int/publications/i/item/report-of-the-who-china-joint-mission-on-coronavirus-disease-2019-(covid-19)
7. Horita N, Fukumoto T. Global case fatality rate from COVID-19 has decreased by 96.8% during 2.5 years of the pandemic. Journal of Medical Virology. 2023;95(1):e28231. doi:10.1002/jmv.28231
8. Yang W, Cao Q, Qin L, Wang X, Cheng Z, Pan A, et al. Clinical characteristics and imaging manifestations of the 2019 novel coronavirus disease (COVID-19): A multi-center study in Wenzhou city, Zhejiang, China. Journal of Infection. 2020;80(4):388-393. doi:10.1016/j.jinf.2020.02.016

9. Arastehfar A, Carvalho A, van de Veerdonk FL, Jenks JD, Koehler P, Krause R, et al. COVID-19 Associated Pulmonary Aspergillosis (CAPA)-From Immunology to Treatment. Journal of Fungi (Basel). 2020;6(2). doi:10.3390/jof6020091
10. Richardson M. The ecology of the Zygomycetes and its impact on environmental exposure. Clinical Microbiology and Infection. 2009;15(Suppl 5):2-9. doi:10.1111/j.1469-0691.2009.02972.x
11. Guinea J, Escribano P, Vena A, Muñoz P, Martínez-Jiménez MDC, Padilla B, et al. Increasing incidence of mucormycosis in a large Spanish hospital from 2007 to 2015: Epidemiology and microbiological characterization of the isolates. PLoS One. 2017;12(6):e0179136. doi:10.1371/journal.pone.0179136
12. Maartens G, Wood MJ. The clinical presentation and diagnosis of invasive fungal infections. Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 1991;28(Suppl A):13-22. doi:10.1093/jac/28.suppl_a.13
13. Alimohamadi Y, Sepandi M, Alimohammadi K. Black fungus infection and its relationship with the covid-19 disease. EBNESINA. 2022;24(1):79-86. [Persian] doi:10.22034/24.1.79
14. Alekseyev K, Didenko L, Chaudhry B. Rhinocerebral mucormycosis and COVID-19 pneumonia. Journal of Medical Cases. 2021;12(3):85-89. doi:10.14740/jmc3637
15. Arana C, Cuevas Ramírez RE, Xipell M, Casals J, Moreno A, Herrera S, et al. Mucormycosis associated with COVID-19 in two kidney transplant patients. Transplant Infectious Disease. 2021;23(4):e13652. doi:10.1111/tid.13652
16. Evert K, Dienemann T, Brochhausen C, Lunz D, Lubnow M, Ritzka M, et al. Autopsy findings after long-term treatment of COVID-19 patients with microbiological correlation. Virchows Archiv. 2021;479(1):97-108. doi:10.1007/s00428-020-03014-0
17. Monte Junior ESD, Santos M, Ribeiro IB, Luz GO, Baba ER, Hirsch BS, et al. Rare and Fatal Gastrointestinal Mucormycosis (Zygomycosis) in a COVID-19 patient: A Case Report. Clinical Endoscopy. 2020;53(6):746-749. doi:10.5946/ce.2020.180
18. El-Kholy NA, El-Fattah AMA, Khafagy YW. Invasive fungal sinusitis in post COVID-19 patients: A New Clinical Entity. Laryngoscope. 2021;131(12):2652-2658. doi:10.1002/lary.29632
19. Hasrat N, Farid H, Hashim A. Rhinocerebral Mucormycosis as a COVID-19-related complication: A case report from Basra city, southern Iraq. Journal of Scientific Research. 2021;6:1369.
20. Hanley B, Naresh KN, Roufosse C, Nicholson AG, Weir J, Cooke GS, et al. Histopathological findings and viral tropism in UK patients with severe fatal COVID-19: A post-mortem study. Lancet Microbe. 2020;1(6):e245-e253. doi:10.1016/s2666-5247(20)30115-4
21. Johnson AK, Ghazarian Z, Cendrowski KD, Persichino JG. Pulmonary aspergillosis and mucormycosis in a patient with COVID-19. Medical Mycology Case Reports. 2021;32:64-67. doi:10.1016/j.mmcr.2021.03.006
22. Kanwar A, Jordan A, Olewiler S, Wehberg K, Cortes M, Jackson BR. A fatal case of rhizopus azygosporus pneumonia following COVID-19. Journal of Fungi (Basel). 2021;7(3):174. doi:10.3390/jof7030174
23. Khan N, Gutierrez CG, Martinez DV, Proud KC. A case report of COVID-19 associated pulmonary mucormycosis. Archive of Clinical Cases. 2020;7(3):46-51. doi:10.22551/2020.28.0703.10172
24. Sai Krishna D, Raj H, Kurup P, Juneja M. Maxillofacial infections in Covid-19 era-actuality or the unforeseen: 2 Case Reports. Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery. 2022;74(Suppl 2):2959-2962. doi:10.1007/s12070-021-02618-5
25. Maini A, Tomar G, Khanna D, Kini Y, Mehta H, Bhagyasree V. Sino-orbital mucormycosis in a COVID-19 patient: A case report. International Journal of Surgery Case Reports. 2021;82:105957. doi:10.1016/j.ijscr.2021.105957
26. Mehta S, Pandey A. Rhino-orbital Mucormycosis associated with COVID-19. Cureus. 2020;12(9):e10726. doi:10.7759/cureus.10726
27. Mekonnen ZK, Ashraf DC, Jankowski T, Grob SR, Vagefi MR, Kersten RC, et al. Acute invasive rhino-orbital Mucormycosis in a patient with COVID-19-associated acute respiratory distress syndrome. Ophthalmic Plastic & Reconstructive Surgery. 2021;37(2):e40-e80. doi:10.1097/iop.0000000000001889
28. Moorthy A, Gaikwad R, Krishna S, Hegde R, Tripathi KK, Kale PG, et al. SARS-CoV-2, uncontrolled diabetes and corticosteroids-An unholy trinity in invasive fungal infections of the maxillofacial region? A retrospective, multi-centric analysis. Journal of Maxillofacial and Oral Surgery. 2021;20(3):418-425. doi:10.1007/s12663-021-01532-1
29. Pasero D, Sanna S, Liperi C, Piredda D, Branca GP, Casadio L, et al. A challenging complication following SARS-CoV-2 infection: A case of pulmonary mucormycosis. Infection. 2021;49(5):1055-1060. doi:10.1007/s15010-020-01561-x
30. Rao R, Shetty AP, Nagesh CP. Orbital infarction syndrome secondary to rhino-orbital mucormycosis in a case of COVID-19: Clinico-radiological features. Indian Journal of Ophthalmology. 2021;69(6):1627-1630. doi:10.4103/ijo.IJO_1053_21
31. Revannavar SM, P SS, Samaga L, V KV. COVID-19 triggering mucormycosis in a susceptible patient: A new phenomenon in the developing world? BMJ Case Reports. 2021;14(4). doi:10.1136/bcr-2021-241663
32. Saldanha M, Reddy R, Vincent MJ. Paranasal Mucormycosis in COVID-19 patient. Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery. 2022;74(Suppl 2):3407-3410. doi:10.1007/s12070-021-02574-0
33. Sen M, Lahane S, Lahane TP, Parekh R, Honavar SG. Mucor in a viral land: A tale of two pathogens. Indian Journal of Ophthalmology. 2021;69(2):244-252. doi:10.4103/ijo.IJO_3774_20
34. Veisi A, Bagheri A, Eshaghi M, Rikhtehgar MH, Rezaei Kanavi M, Farjad R. Rhino-orbital mucormycosis during steroid therapy in COVID-19 patients: A case report. Eur J Ophthalmol. 2022;32(4):NP11-NP16. doi:10.1177/11206721211009450
35. Waizel-Haiat S, Guerrero-Paz JA, Sanchez-Hurtado L, Calleja-Alarcon S, Romero-Gutierrez L. A case of fatal rhino-orbital Mucormycosis associated with new onset diabetic ketoacidosis and COVID-19. Cureus. 2021;13(2):e13163. doi:10.7759/cureus.13163

36. Werthman-Ehrenreich A. Mucormycosis with orbital compartment syndrome in a patient with COVID-19. American Journal of Emergency Medicine. 2021;42:264 e265-264 e268. doi:10.1016/j.ajem.2020.09.032
37. Zhu X, Ge Y, Wu T, Zhao K, Chen Y, Wu B, et al. Co-infection with respiratory pathogens among COVID-2019 cases. Virus Research. 2020;285:198005. doi:10.1016/j.virusres.2020.198005
38. Zurl C, Hoenigl M, Schulz E, Hatzl S, Gorkiewicz G, Krause R, et al. Autopsy Proven Pulmonary Mucormycosis due to Rhizopus microsporus in a critically ill COVID-19 patient with underlying hematological malignancy. Journal of Fungi (Basel). 2021;7(2). doi:10.3390/jof7020088
39. Garg D, Muthu V, Sehgal IS, Ramachandran R, Kaur H, Bhalla A, et al. Coronavirus disease (Covid-19) associated Mucormycosis (CAM): Case report and systematic review of literature. Mycopathologia. 2021;186(2):289-298. doi:10.1007/s11046-021-00528-2
40. Khatri A, Chang KM, Berlinrut I, Wallach F. Mucormycosis after Coronavirus disease 2019 infection in a heart transplant recipient - Case report and review of literature. Journal of Medical Mycology. 2021;31(2):101125. doi:10.1016/j.mycmed.2021.101125
41. Paul SS, Kumar R, Meena V, Ramprasad A, Garg P, Keri V, et al. Clinical characteristics and outcomes of 16 cases with COVID-19 and Mucormycosis: Experience from a tertiary care center in India and review of literature. 2021. doi:10.21203/rs.3.rs-533347/v1
42. Rabagliati R, Rodríguez N, Núñez C, Huete A, Bravo S, Garcia P. COVID-19-associated mold infection in critically ill patients, Chile. Emerging Infectious Diseases. 2021;27(5):1454-1456. doi:10.3201/eid2705.204412
43. Ravani SA, Agrawal GA, Leuva PA, Modi PH, Amin KD. Rise of the phoenix: Mucormycosis in COVID-19 times. Indian Journal of Ophthalmology. 2021;69(6):1563-1568. doi:10.4103/ijo.IJO_310_21
44. Gumashta J, Gumashta R. COVID19 associated mucormycosis: Is GRP78 a possible link? Journal of Infection and Public Health. 2021;14(10):1351-1357. doi:10.1016/j.jiph.2021.09.004
45. Afroze SN, Korlepara R, Rao GV, Madala J. Mucormycosis in a diabetic patient: A case report with an insight into its pathophysiology. Contemporary Clinical Dentistry. 2017;8(4):662-666. doi:10.4103/ccd.ccd_558_17
46. Mohammadi F, Badri M, Safari S, Hemmat N. A case report of rhino-facial mucormycosis in a non-diabetic patient with COVID-19: A systematic review of literature and current update. BMC Infectious Diseases. 2021;21(1):906. doi:10.1186/s12879-021-06625-3
47. Aranjani JM, Manuel A, Abdul Razack HI, Mathew ST. COVID-19-associated mucormycosis: Evidence-based critical review of an emerging infection burden during the pandemic's second wave in India. PLOS Neglected Tropical Diseases. 2021;15(11):e0009921. doi:10.1371/journal.pntd.0009921
48. Pal R, Singh B, Bhadada SK, Banerjee M, Bhogal RS, Hage N, et al. COVID-19-associated mucormycosis: An updated systematic review of literature. Mycoses. 2021;64(12):1452-1459. doi:10.1111/myc.13338
49. Shakir M, Maan MHA, Waheed S. Mucormycosis in a patient with COVID-19 with uncontrolled diabetes. BMJ Case Reports. 2021;14(7). doi:10.1136/bcr-2021-245343