

Brief Report

Incidence of Barotrauma Following Mechanical Ventilation in Patients With COVID-19 Admitted to the ICUs of Two Selected Hospitals in Rasht, Iran



Ali Ashraf¹, Ramin Ebrahimiyan Jektaji², Mostafa Saeedinia³, *Gelareh Biazar⁴, Habib Eslami Kenarsari⁵, Mohammad Kazem Behjat⁶

1. Department of Anesthesiology, Faculty of Medicine, Clinical Research Development Unit, Poursina Hospital, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran.
2. Department of General Surgery, Clinical Research Development Unit, Poursina Hospital, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran.
3. Department of Anesthesiology, Faculty of Medicine, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran.
4. Department of Anesthesiology, Anesthesiology Research Center, Alzahra Hospital, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran.
5. Department of Statistics, Faculty of Medicine, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran.
6. Student Research Committee, School of Medicine, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran.



Citation Ashraf A, Ebrahimiyan Jektaji R, Saeedinia M, Biazar G, Eslami Kenarsari H, Behjat MK. Incidence of Barotrauma Following Mechanical Ventilation in Patients With COVID-19 Admitted to the ICUs of Two Selected Hospitals in Rasht, Iran. *Journal of Guilan University of Medical Sciences*. 2023; 32(3):184-193. <https://doi.org/10.32598/JGUMS.32.3.1329.2>

doi <https://doi.org/10.32598/JGUMS.32.3.1329.2>

Received: 14 Sep 2022

Accepted: 05 Feb 2023

Available Online: 01 Oct 2023

ABSTRACT

Background In the treatment process of hospitalized patients with COVID-19, one of the threatening complications is pulmonary complications such as barotrauma.

Objective This study aims to investigate the prevalence of barotrauma in COVID-19 patients admitted to intensive care units (ICU) of two hospitals in Rasht, Iran.

Methods This retrospective study was conducted on COVID-19 patients admitted to the ICUs of Razi and Poursina hospitals in Rasht in 2020. Their files were studied, and their demographic/clinical data and pulmonary complications were extracted using a checklist by an anesthesia resident.

Results Out of 140 patients, 81(57.9%) received non-invasive mechanical ventilation and 59(42.1%) had invasive ventilation. Barotrauma was observed in 9 cases (6.4%), 8(88.9%) in the form of pneumothorax and one (11.1%) in the form of both pneumothorax and subcutaneous emphysema. The results showed that the incidence of barotrauma was significantly higher among patients who received invasive mechanical ventilation ($P=0.003$). No significant difference was observed among patients received non-invasive ventilation ($P>0.05$).

Conclusion The prevalence of barotrauma among COVID-19 patients in the study hospitals is low, which indicates the proper performance of the attending physicians and compliance with the standard guidelines.

Keywords:

COVID-19,
Barotrauma,
Mechanical
Ventilation

*** Corresponding Author:**

Gelareh Biazar

Address: Department of Anesthesiology, Anesthesiology Research Center, Alzahra Hospital, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran.

Tel: +98 (911) 1350987

E-Mail: gelarehbiazar1386@gmail.com



Copyright © 2023 Guilan University of Medical Sciences. Published by Guilan University of Medical Sciences
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).
Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Extended Abstract

Introduction

The SARS-CoV-2 coronavirus tends to the cells located in the lower respiratory tract and by multiplying in these areas; it causes lesions [3]. Studies have mentioned that providing appropriate, effective and safe respiratory support has been one of the biggest challenges for physicians during COVID-19 pandemic [5]. For treatment, oxygen therapy will be started at the rate of 5 liters per minute with a face mask or 5 to 10 liters per minute with a mask with a reserve bag and it will continue until the arterial blood oxygen saturation percentage is higher than or equal to 90% in adults or higher than 92 to 95% in pregnant women. If hypoxemia continues, despite high concentration oxygen therapy, it is recommended to use mechanical ventilation. Patients will be subjected to invasive or non-invasive treatments based on clinical conditions [6].

In the treatment process of hospitalized COVID-19 patients, one of the side effects that threaten patients is lung damage, like pressure trauma (barotrauma). Pulmonary barotrauma is a side effect of positive pressure mechanical ventilation that occurs because of alveolar rupture and leads to the release and accumulation of air in various extra alveolar spaces. As a result, complications such as pneumothorax, pneumomediastinum, and subcutaneous or mediastinal emphysema will occur [7, 8]. Alveolar rupture occurs due to excessive tidal volume during ventilation [9]. Studies have shown that in intubated COVID-19 patients, the risk of barotrauma is higher, which is associated with an increased rate of mortality [10]. Some studies have also associated barotrauma caused by COVID-19 with prolonged hospital and ICU stays. Respiratory failure in COVID-19 patients appears as severe hypoxemia. In mechanically ventilated patients, ARDS is the main risk factor for barotrauma [13].

Table 1. Prevalence of barotrauma in COVID-19 patients based on the clinical/demographic factors

Variables	Barotrauma		P	
	No (%) / Mean ± SD			
	Yes	No		
Sex	Female	4(6)	3(94)	>0.05**
	Male	5(6.8)	68(93.2)	
Age (y)	<40	2(11.1)	16(88.9)	0.119**
	41-50	4(14.8)	23(85.2)	
	51-60	1(5)	19(95)	
	61-70	2(4.8)	40(95.2)	
	>70	0(0)	33(100)	
Age (y)		15.32±46.33	14.31±59.51	0.009***
Fever	Yes	4(5.4)	70(94.6)	0.735**
Cough	Yes	5(5.3)	89(94.7)	0.444*
Dyspnea	Yes	8(6.8)	110(93.2)	0.695*
Gastrointestinal symptoms	Yes	1(4.8)	20(95.2)	0.736*
Underlying diseases	Yes	4(4.4)	87(95.6)	0.181*
Smoking	Yes	3(9.4)	29(90.6)	0.439*
Method of mechanical ventilation	Invasive	8(13.6)	51(86.4)	0.003*
	Non-invasive	1(1.2)	80(98.8)	

*Chi-square test, **Fisher's exact test, ***t-test.

Most COVID-19 patients experience symptoms of mild upper respiratory tract infection. However, a small proportion of patients with severe pneumonia and sepsis, develop multisystem failure with potential progression to ARDS. The development of ARDS and its related complications, which include septic shock, thrombotic complications, acute kidney injury, liver enzyme disorders, cardiac injury, and barotrauma, is associated with poor clinical outcomes in COVID-19 patients [14]. The prevalence of pneumothorax among COVID-19 patients in the intensive care unit has been reported as 2%, and in more recent studies, they found that the complications of barotrauma caused by invasive mechanical ventilation in COVID-19 patients have increased to 15% [15].

During the COVID-19 epidemic since 2020, there has been a significant increase in the number of ICU consultations with barotrauma symptoms in mechanically ventilated patients [7]. There are a limited number of studies on the epidemiology and potential risk factors associated with the development of barotrauma in COVID-19 patients [14]. In fact, the risk factors, pathophysiology and clinical consequences of barotrauma in patients with COVID-19 are still not well understood [8]. Due to the resurgence of COVID-19 disease and increase in the number of hospitalizations, in this study, patients diagnosed with COVID-19 hospitalized in the intensive care unit of Rasht educational and therapeutic hospitals were examined for the occurrence of barotrauma.

Methods

This retrospective study was conducted on 140 confirmed COVID-19 patients aged >18 years admitted to the intensive care units of Razi and Poursina hospitals in Rasht city in 2020. Medical records of the patients were checked and the demographic data plus underlying diseases including respiratory, cardiac, and metabolic diseases such as diabetes and hypertension were extracted using a checklist. Symptoms such as respiratory and gastrointestinal problems, cough, and fever were surveyed as well as the history of cigarette or opium smoking or drug abuse. The methods of oxygen administration and mechanical ventilation such (invasive or noninvasive) were also recorded. Pulmonary complications such as pneumothorax or subcutaneous emphysema were also recorded by an anesthesia assistant and the barotrauma was diagnosed. Data analyses were performed in SPSS software, version 22 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). $P < 0.05$ was considered statistically significant.

Results

Out of 140 evaluated patients, 81 (57.9%) had non-invasive ventilation and 59(42.1%) had invasive ventilation. The barotrauma was reported in 9 cases (6.4%),

8(88.9%) in the form of pneumothorax and one (11.1%) had both pneumothorax and subcutaneous emphysema. The results showed that the incidence of barotrauma was significantly higher among patients who received invasive ventilation ($P=0.003$). No significant difference was observed in patients received non-invasive ventilation ($P>0.05$) (Table 1).

Conclusion

Following the selected treatments for hospitalized COVID-19 patients, a small percentage of them suffered pulmonary complications in the form of barotrauma, which can indicate proper performance and appropriate treatment decisions regarding changes in airway pressure. Despite the valuable information obtained from this study, some limitations can be considered. Due to the retrospective nature of the research, the consequences and associated factors were limited to the information that was recorded in the patients' files.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of [Guilan University of Medical Sciences](#) (Code: IR.GUMS.REC.1399.398).

Funding

This study was funded by [Guilan University of Medical Sciences](#).

Authors' contributions

Conceptualization, design, and supervision: Ali Ashraf and Gelareh Biazar; Methodology: Habib Eslami Kenarsari; Data collection, data analysis: Ramin Ebrahimiyan Jektaji and Mostafa Saeedinia; Drafting of the manuscript: Gelareh Biazar and Mohammad Kazem Behjat; Editing & review: Mohammad Kazem Behjat.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank the Clinical Research and Development Unit of Poursina Hospital and the Anesthesia Research Center of [Guilan University of Medical Sciences](#), and the ICU staff of Poursina and Razi hospitals in Rasht for their cooperation in this study.



گزارش مختصر

بررسی بروز باروتروما به دنبال تهویه مکانیکی در بیماران کوید-۱۹ بستری در بخش آی سی یو دو بیمارستان منتخب رشت، ایران

علی اشرف^۱، رامین ابراهیمیان جیکتاجی^۲، مصطفی سعیدی نیا^۳، گلاره بی آزار^۴، حبیب اسلامی کنارسری^۵، محمد کاظم بهجت^۶

۱. گروه بیهوشی، واحد توسعه تحقیقات بالینی پورسینا، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران.
۲. گروه جراحی عمومی، واحد توسعه تحقیقات بالینی پورسینا، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران.
۳. گروه بیهوشی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران.
۴. گروه بیهوشی، دانشکده پزشکی، مرکز تحقیقات بیهوشی، بیمارستان الزهراء، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران.
۵. گروه آمار، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران.
۶. کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation Ashraf A, Ebrahimiyan Jektaji R, Saeedinia M, Biazar G, Eslami Kenarsari H, Behjat MK. Incidence of Barotrauma Following Mechanical Ventilation in Patients With COVID-19 Admitted to the ICUs of Two Selected Hospitals in Rasht, Iran. *Journal of Guilan University of Medical Sciences*. 2023; 32(3):184-193. <https://doi.org/10.32598/JGUMS.32.3.1329.2>

doi <https://doi.org/10.32598/JGUMS.32.3.1329.2>

چکیده

تاریخ دریافت: ۲۳ شهریور ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۱۶ بهمن ۱۴۰۱
تاریخ انتشار: ۰۹ مهر ۱۴۰۲

زمینه: در روند درمان بیماران کووید-۱۹ بستری در بیمارستان، یکی از عوارضی که بیماران را تهدید می کند، آسیب های ریوی از قبیل باروتروماست.

هدف: مطالعه حاضر به منظور بررسی فراوانی عارضه باروترومای ریوی در بیماران مبتلا به کووید-۱۹ بستری در بخش های مراقبت ویژه بیمارستان های رازی و پورسینا شهر رشت انجام شد.

روش ها: این مطالعه، یک مطالعه گذشته نگر است که روی بیماران با تشخیص کووید-۱۹ بستری شده در بخش های مراقبت ویژه بیمارستان های آموزشی درمانی (پورسینا و رازی) شهر رشت در سال ۱۳۹۹ انجام شد. چک لیستی که شامل اطلاعات زمینه ای بیماران و عوارض ریوی بیماران بود، توسط دستیار بیهوشی ثبت شد.

یافته ها: در کل، اطلاعات ۱۴۰ بیمار مورد آنالیز قرار گرفت. ۸۱ بیمار (۵۷/۹ درصد) تحت تهویه غیرتهاجمی و ۵۹ بیمار (۴۲/۱ درصد) تحت تهویه تهاجمی با ونتیلیاتور قرار گرفتند. در ۹ مورد (۶/۴ درصد) عارضه باروتروما مشاهده شد که در این میان، ۸ مورد (۸۸/۹ درصد) عارضه پنوموتوراکس و یک مورد (۱/۱ درصد) عارضه پنوموتوراکس همزمان با آمفیزم ساب کوتانئوس بود. نتایج نشان داد بروز باروتروما در بیمارانی که تهویه تنفسی تهاجمی دریافت کرده بودند، به طور معنی داری بیشتر بود (P=۰/۰۰۳) اما از نظر انواع تهویه غیرتهاجمی تفاوت معنی داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

نتیجه گیری: شیوع باروتروما در بین بیماران کووید-۱۹ در بیمارستان های مورد مطالعه پایین بود که نشان دهنده عملکرد مناسب پزشکان معالج و رعایت دستورالعمل های استاندارد است.

کلیدواژه ها:

بیمار، کووید-۱۹، باروتروما، تهویه مکانیکی

* نویسنده مسئول:

گلاره بی آزار

نشانی: رشت، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، مرکز تحقیقات بیهوشی، گروه بیهوشی، بیمارستان الزهراء.

تلفن: ۹۸۷۰۹۸۷ (۹۱۱) ۹۸+

رایانامه: gelarehbiazar1386@gmail.com



مقدمه

H₂O و استفاده از فشار مثبت انتهای بازدمی^۶ است. آسیب منتشره آلوئولی نیز می‌تواند باعث تغییرات آمفیزم مانند پارگی فضاهای هوایی کیستیک متسع و پنوموتوراکس شود [۱۱]. بروز باروترومای ریوی به‌خصوص می‌تواند با مدت‌زمان التهاب ریه مربوط باشد [۹].

مطالعات نشان داده‌اند در بیماران کووید-۱۹ که اینتوبه می‌شوند، ریسک باروتروما بیشتر است که با افزایش مرگ‌ومیر همراه بوده است [۱۰]. برخی مطالعات نیز باروترومای ناشی از کووید-۱۹ را با طولانی شدن مدت‌زمان اقامت در بیمارستان و آی‌سی‌یو و افزایش مرگ‌ومیر مرتبط دانسته‌اند [۱۲].

نارسایی تنفسی در بیماران کووید-۱۹ به صورت هیپوکسمی شدید ظاهر می‌شود. کدورت‌های پراکنده دوطرفه در رادیوگرافی و تغییر ظرفیت ریه، تصویری است که بسیار شبیه به سندرم دیسترس حاد تنفسی^۷ است. در بیمارانی که تهویه مکانیکی می‌شوند، ARDS ریسک فاکتور اصلی باروتروما است [۱۳]. اکثر بیماران مبتلا به کووید-۱۹ علائم عفونت خفیف دستگاه تنفسی فوقانی را تجربه می‌کنند. با این حال، بخش کوچکی از بیماران مبتلا به پنومونی شدید و سپسیس، با پیشرفت بالقوه ARDS دچار نارسایی چندسیستمی می‌شوند. پیشرفت ARDS و عوارض مرتبط با آن، که شامل شوک سپتیک، عوارض ترومبوتیک، آسیب حاد کلیه^۸، اختلال در آنزیم‌های کبدی، آسیب قلبی و باروتروماست، با پیامدهای بالینی ضعیف در بیماران کووید-۱۹ همراه است [۱۴].

شیوع پنوموتوراکس در بین بیماران کوید-۱۹ در بخش مراقبت‌های ویژه، ۲ درصد گزارش شده است و در مطالعات جدیدتر دریافتند که عوارض ناشی از باروترومای ناشی از تهویه مکانیکی تهاجمی در بیماران کووید-۱۹ تا ۱۵ درصد افزایش یافته است [۱۵].

به‌طور کلی، بیماران کووید-۱۹ دارای راه هوایی ملتهب و ادماتو و مستعد آسیب هستند. همچنین گزارش‌هایی نیز وجود دارد که فرد به‌طور خودبه‌خود دچار پنومومدیاستینوم شده است. از جمله علل پنومومدیاستینوم می‌توان به افزایش فشار راه هوایی، ونتیلاسیون مکانیکی و انسداد راه هوایی، افزایش فشار داخل توراکس مثل مانور والسالوا، استفرغ شدید، همچنین بیماری‌هایی مثل سارکوئیدوزیس اشاره کرد [۱۲، ۱۶، ۱۷].

در طول همه‌گیری کووید-۱۹ از سال ۲۰۲۰ شاهد افزایش قابل توجه تعداد مشاوره‌های آی‌سی‌یو با علائم باروتروما در بیماران تحت تهویه مکانیکی بوده‌ایم [۷]. تعداد محدودی مطالعات در مورد اپیدمیولوژی و عوامل خطر بالقوه مرتبط با ایجاد باروتروما در بیماران کووید-۱۹ وجود دارد [۱۴]. در واقع، ریسک فاکتورها، پاتوفیزیولوژی و پیامدهای بالینی باروتروما در بیماران مبتلا به کووید-۱۹ هنوز به‌خوبی درک نشده است [۸].

در ۲۹ دسامبر ۲۰۱۹، پزشکان بیمارستانی واقع در شهر ووهان چین متوجه موارد غیرمعمول از بیماران مبتلا به پنومونی شدند. در تاریخ ۹ ژانویه ۲۰۲۰، مرکز کنترل و پیشگیری چین عامل این بیماری را یک کروناویروس جدید به نام 2019-nCoV اعلام کرد [۱].
[۲]. کروناویروس SARS-CoV-2 به سلول‌های واقع در دستگاه تنفسی تحتانی گرایش داشته و با تکثیر در این نواحی، باعث ایجاد ضایعاتی می‌شود [۳]. در ۱۴ درصد از موارد، فرد مبتلا علائم شدیدی از خود نشان می‌دهد. در ۵ درصد از موارد نیز وضعیت بیمار به سمت وخامت پیش رفته که با نارسایی تنفسی، شوک سپتیک و نارسایی در سایر ارگان‌های بدن همراه است [۴]. مطالعات معتبر ارائه حمایت تنفسی مناسب، مؤثر و ایمن را یکی از چالش‌های بزرگ پزشکان در پاندمی کووید ذکر کرده‌اند [۵]. اکسیژن‌درمانی با میزان ۵ لیتر در دقیقه با ماسک صورت یا ۵ تا ۱۰ لیتر در دقیقه با ماسک دارای کیسه ذخیره آغاز می‌شود و تا رسیدن درصد اشباع اکسیژن خون شریانی^۱ بالاتر یا مساوی ۹۰ درصد در بالغین یا بالاتر از ۹۲ تا ۹۵ درصد در زنان باردار ادامه می‌یابد. اگر علی‌رغم اکسیژن‌درمانی با غلظت بالا هیپوکسمی و افزایش کار تنفسی بیماران ادامه یابد، توصیه می‌شود از دستگاه تهویه مکانیکی استفاده شود. بیماران براساس شرایط بالینی تحت درمان‌های لازم به صورت تهاجمی و غیرتهاجمی قرار می‌گیرند [۶].

در روند درمان بیماران کووید-۱۹ بستری در بیمارستان، یکی از عوارضی که بیماران را تهدید می‌کند، آسیب‌های ریوی است که از این آسیب‌ها می‌توان به ترومای فشاری (باروتروما) اشاره کرد.

باروترومای ریوی از عوارض فشار مثبت تهویه مکانیکی است که به دلیل پارگی آلوئول رخ می‌دهد و به انتشار و تجمع هوا در فضاهای مختلف آلوئولی اضافی منجر می‌شود و در اثر آن، عوارضی مانند پنوموتوراکس، پنومومدیاستینوم و آمفیزم زیرجلدی یا مدیاستن رخ خواهد داد [۷، ۸]. مقدار فشاری که در آن پارگی آلوئول رخ می‌دهد با حجم جاری^۲ بیش از حد در طول تهویه مرتبط است [۹].

باروتروما در میان بیماران مبتلا به کووید-۱۹ که تحت تهویه مکانیکی تهاجمی^۳، تهویه فشار مثبت غیرتهاجمی^۴، و سایر اشکال حمایت تنفسی بوده‌اند گزارش شده است [۸]. گزارش‌های موردی، این عارضه را به صورت خودبه‌خودی یا در شرایطی که بیمار تحت درمان با اکسیژن از طریق کانولای بینی یا سایر روش‌های غیرتهاجمی بوده است نشان داده‌اند [۱۰].

التهاب مداوم ریه ممکن است عامل کلیدی در اتیوپاتوزن باروترومای ریوی در بیماران تحت تهویه غیرتهاجمی^۵ طولانی‌مدت باشد. سایر ریسک فاکتورها شامل حداکثر فشار دمی ۴۰ سانتی‌متری

1. Oxygen saturation (SPO₂)
2. Tidal volume
3. Invasive mechanical ventilation (IMV)
4. Non-invasive positive pressure ventilation (NIPPV)
5. Non-invasive ventilation (NIV)

6. Positive end-expiratory pressure (PEEP)
7. Acute respiratory distress syndrome (ARDS)
8. Acute kidney injury (AKI)

یافته‌ها

در این مطالعه ۱۴۰ بیمار مبتلا به کووید-۱۹ بستری در بخش مراقبت‌های ویژه بیمارستان‌های پورسینا و رازی شهر رشت در سال ۱۳۹۹ مورد بررسی قرار گرفتند. میانگین سنی بیماران $58/67 \pm 14/68$ سال بود. ۵۲/۱ درصد بیماران مبتلا به کووید-۱۹ بستری در بخش مراقبت‌های ویژه بیمارستان‌های آموزشی درمانی شهر رشت را زنان و ۴۷/۹ درصد را مردان تشکیل می‌دادند. در میان تظاهرات بالینی مشاهده شده، تنگی نفس (۳۸/۴ درصد) و سرفه (۳۰/۶ درصد) بیشترین علائم بالینی بودند و تب (۲۴/۱ درصد) و علائم گوارشی (۶/۹ درصد) به ترتیب در رده‌های بعدی قرار داشتند (جدول شماره ۱).

۸۱ نفر (۵۷/۹ درصد) از بیماران با تهویه غیرتهاجمی مورد حمایت تنفسی قرار داشتند و ۵۹ نفر (۴۲/۱ درصد) از طریق ونتیلاتور و تهویه تهاجمی مورد حمایت تنفسی در آی‌سی‌یو قرار گرفتند. در میان بیماران مورد حمایت تنفسی از طریق تهویه غیرتهاجمی، ماسک صورت با ۵۵/۶ درصد بیشترین مورد استفاده را داشت. کانونلای بینی با ۲۲/۲ درصد، فشار راه هوایی مثبت دوطرفه^{۱۱} با ۱۸/۵ درصد و فشار مثبت مداوم در راه‌های هوایی با ۳/۷ درصد به ترتیب رتبه‌های بعدی را شامل می‌شدند.

از میان ۱۴۰ بیمار بررسی شده در این مطالعه، ۹ بیمار (۶/۴ درصد) به عوارض باروترومای ناشی از حمایت‌های تنفسی به عمل آمده، مبتلا شدند که در این میان، در ۸ مورد (۸۸/۹ درصد) عارضه پنوموتوراکس و در یک مورد (۱۱/۱ درصد) عارضه پنوموتوراکس همزمان با آمفیزم ساب‌کوتانئوس مشاهده شد. ۱۳۱ بیمار (۹۳/۶ درصد) هیچ‌گونه عوارض ریوی ناشی از حمایت‌های تنفسی را در زمان بستری در آی‌سی‌یو نداشتند.

نتایج مطالعه ما نشان داد میزان بروز باروترومای ریوی در بیماران با تهویه تهاجمی به صورت معنی‌داری بالاتر از بیماران با تهویه غیرتهاجمی بود (۱۳/۶ درصد در مقابل ۱/۲ درصد، $P=0/003$).

از میان ۸۱ بیمار با تهویه غیرتهاجمی، در یک مورد (۱/۲ درصد) عارضه ریوی باروتروما مشاهده شد و ارتباط آماری معنی‌داری بین روش‌های مختلف تهویه غیرتهاجمی و بروز عوارض ریوی باروتروما مشاهده نشد ($P=0/222$).

همچنین بین بروز عوارض ریوی باروتروما و سایر متغیرهای مورد مطالعه از قبیل سن، جنس، سن، تظاهرات بالینی بدو ورود، بیماری‌های زمینه‌ای، سوابق مصرف مواد و مقادیر فشار مثبت انتهای بازدم و فشار کفه^{۱۲} تنظیمی اعمال شده ارتباط آماری معنی‌داری دیده نشد. اما میان میانگین سن بیماران و بروز عوارض باروتروما ارتباط آماری معنی‌داری مشاهده شد ($P=0/009$) (جدول شماره ۲).

با توجه به شیوع مجدد بیماری کووید-۱۹ و افزایش موارد بستری در بیمارستان شهر رشت، در این تحقیق بیماران با تشخیص کووید-۱۹ بستری در بخش مراقبت‌های ویژه بیمارستان‌های آموزشی درمانی رشت در روند درمان از نظر رخداد باروتروما بررسی شدند.

روش‌ها

این مطالعه، یک مطالعه مشاهده‌ای گذشته‌نگر است که پس از کسب مجوز از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی گیلان، در بخش مراقبت‌های ویژه بیمارستان‌های آموزشی درمانی (پورسینا و رازی) شهر رشت در سال ۱۳۹۹ انجام شد.

معیار ورود

بیماران مبتلا به کووید-۱۹ (دارای PCR مثبت) با سن بالای ۱۸ سال بستری در بخش مراقبت‌های ویژه بیمارستان‌های رازی و پورسینا شهر رشت در سال ۱۳۹۹ وارد مطالعه شدند.

معیار عدم ورود

عدم رضایت بیمار، معیار عدم ورود به مطالعه بود.

در ابتدا چک‌لیستی بدین منظور آماده شد که شامل آیتم‌هایی از قبیل سن، جنس، بیماری‌های زمینه‌ای، مصرف سیگار، علائم بدو ورود و نحوه تهویه مکانیکی شامل تهویه مکانیکی تهاجمی با استراتژی محافظتی، تهویه غیرتهاجمی با فشار مثبت مداوم راه هوایی^۱ و تجویز اکسیژن با ماسک یا کانونلای بینی بود.

اطلاعات ۱۴۰ بیمار مبتلا به کووید-۱۹ با سن بالای ۱۸ سال بستری در بخش مراقبت‌های ویژه بیمارستان‌های آموزشی درمانی (پورسینا و رازی) شهر رشت در سال ۱۳۹۹ توسط دستیار بیهوشی مسئول تکمیل شد. در طول سیر درمان تا موقع ترخیص، عوارض ریوی شامل آمفیزم زیرجلدی، پنوموتوراکس و پنومومدیاستینوم ثبت شد. تشخیص باروتروما براساس اشعه ایکس قفسه سینه^۱ و معاینه بالینی بود. در صورت رخداد عارضه با توجه به شرایط بالینی بیمار درمان‌های نگارنده و نظارتی یا چست تیوب گذاری انجام گرفت.

آنالیز آماری

داده‌های جمع‌آوری شده وارد نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ شدند. برای توصیف متغیرهای کمی از میانگین، انحراف معیار، مینیمم و ماکزیمم و برای توصیف متغیرهای کیفی از تعداد و درصد استفاده شدند. جهت تحلیل داده‌ها از آزمون کای‌دو (یا آزمون دقیق فیشر) و آزمون تی مستقل (یا آزمون من‌ویتنی) استفاده شد. سطح معنی‌داری، کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

11. Bi-level positive airway pressure (BiCPAP)
12. Plateau pressure

9. Continuous positive airway pressure (CPAP)
10. Chest X-ray (CXR)

جدول ۱. بررسی مشخصات فردی بیماران مبتلا به کوید-۱۹ بستری در بخش مراقبت‌های ویژه بیمارستان‌های آموزشی درمانی شهر رشت

متغیر	وضعیت	تعداد (درصد)
جنسیت	زن	۶۷(۴۷/۹)
	مرد	۷۳(۵۲/۱)
سن (سال)	کمتر از ۴۰	۱۸(۱۲/۹)
	۴۱-۵۰	۲۷(۱۹/۳)
	۵۱-۶۰	۲۰(۱۴/۳)
	۶۱-۷۰	۴۲(۳۰)
	بیشتر از ۷۰	۳۳(۲۳/۶)
میانگین \pm انحراف معیار (مینیمم-ماکزیمم)		۵۸/۶۷ \pm ۱۴/۶۸ (۱۸- ۸۸)
تظاهرات بالینی	تب	۷۴(۳۴/۱)
	سرفه	۹۴(۳۰/۶)
	تنگی نفس	۱۱۸(۳۸/۴)
	علائم گوارشی	۲۱(۶/۹)
بیماری‌های زمینه‌ای		۹۱(۶۵)
بیماری‌های زمینه‌ای	دیابت	۴۲(۲۷/۸)
	آسم	۱۱(۷/۳)
	پرفشاری خون	(۳۷/۱)
	بیماری‌های قلبی	۴۲(۲۷/۸)
مصرف مواد		۳۲(۲۲/۹)
مصرف سیگار		۳۳(۱۶/۴)
اعتیاد به مواد مخدر		۱۸(۱۲/۹)
مصرف سیگار و مواد مخدر		۹(۶/۴)

مجله دانشگاه علوم پزشکی گیلان

بحث

میان ۵۷۴ بیمار کووید-۱۹، ۱۳۹ نفر نیاز به تهویه مکانیکی پیدا کردند (۲۴/۹ درصد) که ۱۳ نفر از آنان (۹/۴ درصد) به عارضه باروتروما دچار شدند [۱۷].

هم‌راستا با نتایج مطالعه چن و همکاران [۱۸]، نتایج مطالعه ما نشان داد ارتباط آماری معنی‌داری بین نحوه تهویه تنفسی (تهاجمی و غیرتهاجمی) در بیماران مبتلا به کووید-۱۹ و بروز عارضه ریوی باروتروما دیده می‌شود. اما بین روش‌های مختلف تهویه غیرتهاجمی و بروز عارضه ریوی باروتروما ارتباط آماری معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین بین بروز عارضه ریوی باروتروما و سایر متغیرهای مورد مطالعه از قبیل جنس، سن، تظاهرات بالینی بدو ورود، بیماری‌های زمینه‌ای، سوابق مصرف مواد و مقادیر فشار مثبت انتهای بازدم و

مطالعه حاضر با هدف بررسی فراوانی عارضه باروترومای ریوی در بیماران مبتلا به کووید-۱۹ بستری در بخش‌های مراقبت ویژه بیمارستان‌های رازی و پورسینای رشت انجام شد. میانگین سنی بیماران در این مطالعه برابر $58/67 \pm 14/68$ سال بود. از میان ۱۴۰ بیمار بررسی شده در این مطالعه، ۹ بیمار (۶/۴ درصد) به عارضه باروترومای ناشی از حمایت‌های تنفسی مبتلا شدند که این میزان در مقایسه با مطالعات مشابه انجام شده یعنی مطالعات مک‌گینس و همکاران [۱۲] و الساران و همکاران [۱۵] که هر دو فراوانی ۱۵ درصد باروتروما در بیماران کووید-۱۹ بستری در آی‌سی‌یو را نشان دادند، بسیار کمتر بود. همچنین در مطالعه ادواردز و همکاران، از

جدول ۲. بررسی توزیع فراوانی باروتروما در بیماران کووید-۱۹ بستری در بخش مراقبت‌های ویژه برحسب مشخصات فردی بیماران

متغیر	وضعیت	تعداد (درصد)		سطح معنی‌داری
		با عوارض ریوی	بدون عوارض ریوی	
جنسیت	زن	۴(۶)	۶۳(۹۴)	**/۹۹۹
	مرد	۵(۶/۸)	۶۸(۹۳/۲)	
سن (سال)	کمتر از ۴۰	۲(۱۱/۱)	۱۶(۸۷/۹)	**/۱۱۹
	۴۱-۵۰	۴(۱۴/۸)	۲۳(۸۵/۲)	
	۵۱-۶۰	۱(۵)	۱۹(۹۵)	
	۶۱-۷۰	۲(۴/۸)	۴۰(۹۵/۲)	
	بیشتر از ۷۰	۰(۰)	۳۳(۱۰۰)	
	میانگین ± انحراف معیار	۴۶/۳۳ ± ۱۵/۳۲	۵۹/۵۱ ± ۱۴/۳۱	***./۰۰۹
تب		۴(۵/۴)	۷۰(۹۴/۶)	**/۷۳۵
سرفه		۵(۵/۳)	۸۹(۹۴/۷)	*/۳۴۴
تنگی نفس		۸(۶/۸)	۱۱۰(۹۳/۲)	*/۶۹۵
علامت گوارشی		۱(۴/۸)	۲۰(۹۵/۲)	*/۷۳۶
بیماری زمینهای		۴(۴/۴)	۸۷(۹۵/۶)	*/۱۸۱
مصرف مواد (سیگار یا مواد مخدر)		۳(۹/۴)	۲۹(۹۰/۶)	*/۴۳۹
نحوه تهویه تنفسی	تهاجمی	۸(۱۲/۶)	۵۱(۸۶/۴)	*/۰۰۳
	غیرتهاجمی	۱(۱/۲)	۸۰(۹۷/۸)	

مجله دانشکده علوم پزشکی گیلان

آزمون کای دو؛ **آزمون فیشر؛ ***آزمون تی مستقل

تمام این بیماران تحت تهویه مکانیکی قرار داشتند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد در گروه کووید-۱۹، ۲۴ درصد و در گروه شاهد ۰/۵ درصد عارضه باروتروما مشاهده شد [۱۱۲]. در مطالعه دیگری که توسط آنزوتتو و همکاران انجام شد و در آن ۵۰۰۰ بیمار تحت تهویه مکانیکی به مدت بیش از ۱۲ ساعت بررسی شدند، فقط در ۲/۹ درصد افراد باروتروما اتفاق افتاد [۲۰]. باید توجه داشت که تشخیص دقیق باروتروما براساس انجام سی تی اسکن است. به نظر می‌رسد در مطالعه ایشان موارد باروتروما به خوبی تشخیص داده نشده بودند [۱۹].

در مطالعه حاضر به دلیل شرایط موجود در دوران پاندمی و عدم دسترسی به دستگاه سونوگرافی اختصاصی ریه از گرافی ساده ریه به عنوان تشخیص دهنده عارضه استفاده شد.

همان طور که بررسی‌ها نشان داده است عارضه باروتروما به میزان متفاوتی در مطالعات گزارش شده است. علل توجیه کننده این تفاوت‌ها می‌تواند تفاوت در جمعیت‌های مورد مطالعه و معیارهای ورود به مطالعه و همچنین تفاوت در روش‌های تشخیصی باروتروما باشد. برای مثال در تحقیقی که روش تشخیص برپایه معاینه و عکس ساده CXR

فشار کفه تنظیمی اعمال شده، ارتباط آماری معنی‌داری دیده نشد. در این مطالعه، در ۸ بیمار (۸۸/۹ درصد) عارضه پنوموتوراکس و در یک بیمار (۱۱/۱ درصد) عارضه پنوموتوراکس همزمان با آمفیزم ساب کوتانئوس مشاهده شد. اما در مطالعه ادواردز و همکاران که بروز باروتروما در بیماران کووید-۱۹ اینتوبه ۱۰/۷ درصد (۱۵ از ۱۳۹) گزارش شده بود، شایع‌ترین یافته‌های عکس قفسه سینه این بیماران، آمفیزم زیرجلدی و سپس پنومومیاستینوم و در نهایت پنوموتوراکس بود [۷].

یودی و همکاران در سال ۲۰۲۱ وضعیت باروتروما را در بیماران کووید-۱۹ که دچار ARDS بودند و به مدت طولانی تحت درمان با تهویه مکانیکی قرار داشتند، ارزیابی کردند. آنها در ۴۰ درصد بیماران خود باروتروما را گزارش کردند که عمده آن پنوموتوراکس بود [۱۹]. لازم به ذکر است که فقط موارد شناخته شده ARDS در زمینه کووید-۱۹ با PCR مثبت که بیش از ۲ روز تحت تهویه مکانیکی بودند وارد تحقیق شدند. مک‌گینس و همکاران در یک مطالعه مورد - شاهدی، ۶۰۱ بیمار را در دو گروه کووید-۱۹ تشخیص داده شده و گروه شاهد مبتلا به ARDS جهت رخداد باروتروما بررسی کردند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله مورد تأیید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی گیلان قرار گرفته است (کد اخلاق: IR.GUMS.REC.1399.398). همچنین اطلاعات بیماران محرمانه نگه داشته شد.

حامی مالی

این مطالعه توسط معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی گیلان مورد حمایت قرار گرفته است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی: گلاره بی‌آزار و علی اشرف؛ نگارش پیش‌نویس: گلاره بی‌آزار و محمد کاظم بهجت؛ گردآوری و تحلیل داده‌ها: مصطفی سعیدی‌نیا و رامین ابراهیمیان؛ متدلوژی: حبیب اسلامی؛ تدوین و بررسی و ویراستاری: محمد کاظم بهجت؛ بررسی متون و منابع: مصطفی سعیدی‌نیا و رامین ابراهیمیان؛ نظارت بر اجرا و مدیریت: علی اشرف و گلاره بی‌آزار.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این پژوهش از واحد توسعه و تحقیقات بالینی بیمارستان پورسینا و مرکز تحقیقات بیهوشی دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران و پرسنل آی‌سی‌یوی بیمارستان‌های پورسینا و رازی شهر رشت برای همکاری در این مطالعه تشکر می‌کنند.

بوده است، نتایج با تحقیقی که تشخیص دقیق با نتایج سی‌تی‌اسکن تأیید می‌شده است یکسان نیست. همچنین نتایج تحقیق در یک مرکز دانشگاهی که با مشارکت دانشجویان و دستیاران اداره شود، نسبت به یک مرکز فوق تخصصی که کلیه اقدامات و تصمیم‌گیری‌ها توسط متخصصین آی‌سی‌یو انجام می‌گیرد متفاوت خواهد بود. کاملاً واضح است که تنظیمات ونتیلاتور، تنظیمات فشار مثبت انتهای بازدم، فشار کفه و سایر پارامترها براساس وضعیت بیمار، کمپلینانس ریه و سایر موارد مشابه می‌تواند بر رخداد این عارضه تأثیرگذار باشد. مطالعات واضحاً نشان داده‌اند بین حجم جاری و فشار راه هوایی و عارضه باروتروما ارتباط وجود دارد [۲۱]. ایسنر و همکاران دریافتند که فشار مثبت انتهای بازدم بالاتر با افزایش خطر باروتروما در ارتباط است [۲۲]. بعضی تحقیقات نیز بر این باورند که رخداد پنوموترآکس خودبه‌خودی و آمفیزم یک عارضه اختصاصی پنومونی‌های وایرال هستند و خیلی به پارامترها ارتباطی ندارند [۲۳]. سامی و سرشتی در یک مطالعه به بررسی بروز باروتروما و عوامل همراه، روی ۱۰۳ بیمار کووید-۱۹ بستری در بخش مراقبت‌های ویژه پرداختند. در مجموع ۱۲/۶ درصد بیماران دچار عارضه باروتروما شدند. نیمی از این بیماران در ۵ روز اول بعد از اینتوباسیون دچار عارضه شدند و همگی مرد بودند. ۶۱/۵۳ درصد بیماران عارضه‌دار سابقه‌ای از ابتلا به یک عفونت باکتریال داشتند [۲۴]. در مطالعه سیستماتیک و متاآنالیز شریستا و همکاران نیز گفته شد که به نظر می‌رسد شیوع بروز باروتروما با آسیب‌های ویروسی و التهابی آلوئول‌ها رابطه مستقیم دارد، اما هنوز مکانیسم‌های ذاتاً منحصربه‌فرد بیماری کووید-۱۹، که بیماران را مستعد یک پاسخ التهابی اغراق‌آمیز می‌کند که به آسیب آلوئولی منجر می‌شود به‌طوری‌که مکانیک تنفسی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و به بروز بیشتر باروتروما در این بیماران نسبت به سایر پنومونی‌های ویروسی منجر می‌شود، ناشناخته است [۸].

در بررسی‌ها همچنین باید نقش سرفه را در تریگر کردن باروتروما در نظر داشت. مطالعات انجام‌شده نشان داده است میزان بقای بیماران به دنبال عارضه باروتروما تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد و این عارضه در اغلب موارد با موفقیت قابل اداره است [۱۹].

نتیجه‌گیری

به‌دنبال درمان‌های انتخاب‌شده برای بیماران کووید-۱۹ بستری‌شده، درصد کمی از آن‌ها دچار عوارض ریوی به صورت باروتروما شدند که می‌تواند نشانگر عملکرد مناسب و تصمیم‌گیری‌های درمانی مناسب در قبال تغییرات فشار راه هوایی باشد.

علی‌رغم به دست آمدن اطلاعات ارزشمند از این مطالعه محدودیت‌هایی را می‌توان برای آن در نظر گرفت. با توجه به گذشته‌نگر بودن تحقیق، پیامدها و عوامل همراه آن محدود به اطلاعات ثبت‌شده در پرونده بیماران بوده است.

References

- [1] Kahn N. New virus discovered by Chinese scientists investigating pneumonia outbreak. 2020 [Updated 2020 January 8]. Available from: [\[Link\]](#)
- [2] Gralinski LE, Menachery VD. Return of the coronavirus: 2019-nCoV. *Viruses*. 2020; 12(2):135. [\[DOI:10.3390/v12020135\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [3] Mulangu S, Dodd LE, Davey RT Jr, Tshiani Mbaya O, Proschan M, Mukadi D, et al. A randomized, controlled trial of ebola virus disease therapeutics. *The New England Journal of Medicine*. 2019; 381(24):2293-303. [\[DOI:10.1056/NEJMoa1910993\]](#) [\[PMID\]](#)
- [4] Gao J, Tian Z, Yang X. Breakthrough: Chloroquine phosphate has shown apparent efficacy in treatment of COVID-19 associated pneumonia in clinical studies. *Bioscience Trends*. 2020; 14(1):72-3. [\[DOI:10.5582/bst.2020.01047\]](#) [\[PMID\]](#)
- [5] Volpicelli G, Lamorte A, Villén T. What's new in lung ultrasound during the COVID-19 pandemic. *Intensive Care Medicine*. 2020; 46(7):1445-8. [\[DOI:10.1007/s00134-020-06048-9\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [6] World Health Organization. COVID-19 - China. 2020 [Updated 2020 January 12]. Available from: [\[Link\]](#)
- [7] Edwards JA, Breitman I, Bienstock J, Badami A, Kovatch I, Dresner L, et al. Pulmonary barotrauma in mechanically ventilated coronavirus disease 2019 patients: A case series. *Annals of Medicine and Surgery*. 2020; 61:24-29. [\[DOI:10.1016/j.amsu.2020.11.054\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [8] Shrestha DB, Sedhai YR, Budhathoki P, Adhikari A, Pokharel N, Dhakal R, et al. Pulmonary barotrauma in COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Medicine and Surgery*. 2022; 73:103221. [\[DOI:10.1016/j.amsu.2021.103221\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [9] Wang XH, Duan J, Han X, Liu X, Zhou J, Wang X, et al. High incidence and mortality of pneumothorax in critically ill patients with COVID-19. *Heart & Lung*. 2021; 50(1):37-43. [\[DOI:10.1016/j.hrtlng.2020.10.002\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [10] Alhakeem A, Khan MM, Al Soub H, Yousaf Z. Case report: COVID-19-associated bilateral spontaneous pneumothorax-a literature review. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2020; 103(3):1162-5. [\[DOI:10.4269/ajtmh.20-0680\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [11] Carerj ML, Bucolo GM, Mazziotti S, Blandino A, Booz C, Cicero G, et al. Pulmonary barotrauma in patient suffering from COVID-19. *Heliyon*. 2022; 8(1):e08745. [\[DOI:10.1016/j.heliyon.2022.e08745\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [12] McGuinness G, Zhan C, Rosenberg N, Azour L, Wickstrom M, Mason DM, et al. Increased incidence of barotrauma in patients with COVID-19 on invasive mechanical ventilation. *Radiology*. 2020; 297(2):E252-62. [\[DOI:10.1148/radiol.2020202352\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [13] Carron M, Freo U, BaHammam AS, Dellweg D, Guarracino F, Cosentini R, et al. Complications of non-invasive ventilation techniques: a comprehensive qualitative review of randomized trials. *British Journal of Anaesthesia*. 2013; 110(6):896-914. [\[DOI:10.1093/bja/aet070\]](#) [\[PMID\]](#)
- [14] Zhou F, Yu T, Du R, Fan G, Liu Y, Liu Z, et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: A retrospective cohort study. *Lancet*. 2020; 395(10229):1054-62. [\[DOI:10.1016/S0140-6736\(20\)30566-3\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [15] Elsaaran H, AlQinai S, AlTarrah D, Abdulrasoul M, Al-Youha S, Almazeedi S, et al. Prevalence and risk factors of barotrauma in COVID-19 patients admitted to an intensive care unit in Kuwait; a retrospective cohort study. *Annals of Medicine and Surgery*. 2021; 63:102141. [\[DOI:10.1016/j.amsu.2021.01.089\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [16] Wali A, Rizzo V, Bille A, Routledge T, Chambers AJ. Pneumomediastinum following intubation in COVID-19 patients: A case series. *Anaesthesia*. 2020; 75(8):1076-81. [\[DOI:10.1111/anae.15113\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [17] Lyons C, Callaghan M. The use of high-flow nasal oxygen in COVID-19. *Anaesthesia*. 2020; 75(7):843-7. [\[DOI:10.1111/anae.15073\]](#) [\[PMID\]](#)
- [18] Chen N, Zhou M, Dong X, Qu J, Gong F, Han Y, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: A descriptive study. *Lancet*. 2020; 395(10223):507-13. [\[DOI:10.1016/S0140-6736\(20\)30211-7\]](#) [\[PMID\]](#)
- [19] Udi J, Lang CN, Zotzmann V, Krueger K, Fluegler A, Bamberg F, et al. Incidence of barotrauma in patients with COVID-19 pneumonia during prolonged invasive mechanical ventilation - a case-control study. *Journal of Intensive Care Medicine*. 2021; 36(4):477-83. [\[DOI:10.1177/0885066620954364\]](#) [\[PMID\]](#)
- [20] Anzueto A, Frutos-Vivar F, Esteban A, Alía I, Brochard L, Stewart T, et al. Incidence, risk factors and outcome of barotrauma in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Medicine*. 2004; 30(4):612-9. [\[DOI:10.1007/s00134-004-2187-7\]](#) [\[PMID\]](#)
- [21] Weg JG, Anzueto A, Balk RA, Wiedemann HP, Pattishall EN, Schork MA, et al. The relation of pneumothorax and other air leaks to mortality in the acute respiratory distress syndrome. *The New England Journal of Medicine*. 1998; 338(6):341-6. [\[DOI:10.1056/NEJM199802053380601\]](#) [\[PMID\]](#)
- [22] Eisner MD, Thompson BT, Schoenfeld D, Anzueto A, Matthay MA; Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Airway pressures and early barotrauma in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2000; 165(7):978-82. [\[DOI:10.1164/ajrccm.165.7.2109059\]](#) [\[PMID\]](#)
- [23] Niehaus M, Rusgo A, Roth K, Jacoby JL. Retropharyngeal air and pneumomediastinum: A rare complication of influenza A and asthma in an adult. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2016; 34(2):338.e1-2. [\[DOI:10.1016/j.ajem.2015.06.020\]](#) [\[PMID\]](#)
- [24] Sami R, Sereshti N. Case report: Barotrauma in COVID-19 case series. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2021; 105(1):54-58. [\[DOI:10.4269/ajtmh.21-0080\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)