

主論文の要旨

**Assessment of Critical Care Surge Capacity  
During the COVID-19 Pandemic in Japan**

COVID-19 パンデミック時の患者急増に対する  
日本の集中治療の受け入れ能力の評価

名古屋大学大学院医学系研究科 総合医学専攻  
生体管理医学講座 救急・集中治療医学分野

(指導：松田 直之 教授)

山本 尚範

## 【緒言】

日本は世界一の長寿国だが、一人当たり重症病床数は他の高所得国に比べ少ない。新型コロナウイルス感染症(Coronavirus disease-19 : COVID-19)のパンデミックにおいて、重症患者に集中治療を施す必要がある。重症患者数が増加する災害時に、全米医学アカデミーの医療サージ能力分類である「従来」、「有事」、「危機」を用いることができる。3つのレベル評価として、COVID-19 パンデミックにおける集中治療室(intensive care unit : ICU)に収容できる重症患者数を検討した。

## 【研究目的】

日本の保健医療システムにおける COVID-19 重症患者数への対応能力を評価することを本研究の目的とした。

目的 1. COVID-19 における「従来」、「有事」、「危機」の3つのレベルを定義し、各事象における収容可能な COVID-19 重症患者数を評価する。

目的 2. 「Staff」、「Space」、「Supply」、「System」の4つのSを定義し、この4つのSに基づいて収容可能な COVID-19 重症患者数を評価する。

目的 3. 上記で得られた収容可能な COVID-19 重症患者数を、予測重症患者数と比較する。

以上の3つを目的として、以下の方法で COVID-19 における日本の集中治療室の受け入れ能力を評価することとした。

## 【方法】

本研究において、「従来レベル」は場所・人材・物資が施設内の通常の慣行と一致する状態とし、「有事レベル」は場所・人材・物資は通常の慣行とは異なるが工夫によって通常の患者ケアを維持できる状態とし、「危機レベル」は適応可能な場所・人材・物資は通常の慣行では不可能な状態と定義した。また、COVID-19 管理における4つのSとして、Staff は医師、看護師、呼吸療法士等の医療スタッフの稼働状況、Space は重症患者用病床、Supply は人工呼吸器の供給、System は COVID-19 管理を効率的に運用する仕組みと定義した。以上を基にして、収容可能な COVID-19 重症患者数と予測重症患者数を比較した。

### 病床数と収容患者数の算出方法

厚労省病床機能報告から、病床数と収容可能患者数を算出した。従来レベルでは ICU 病床数を評価に用い、有事レベルではハイケアユニット(high care unit : HCU)病床数を加え、危機レベルでは急性期病院の一般病床数を加えた。一般病棟を用いる場合は、1 個室として 4 床を 1 床の ICU 病床と換算した。平均利用率は、ICU 73.3%、HCU 71.3%、一般病棟 80.0%とし、有事レベルで一般病床の医療・介護不要者(20%)を、危機レベルで医療不要者(20%)を転院あるいは退院させ、利用可能病床は従来レベル 26.7%、有事レベル 36.9%、危機レベル 57.2%とした。

## スタッフ数と収容患者数の算出方法

スタッフ数と収容患者数の算出方法には、「医療従事者と患者の比率の変更」と「階層式スタッフ配置モデル」を用いた。医療スタッフ数対患者数の比率は、従来レベルで集中治療専門医では1対10、ICU看護師では1対1あるいは1対2、呼吸療法士では1対5である。ここに有事レベルでは集中治療専門医1人に5人の急性期医師を階層状に配置し、集中治療専門医1対25、ICU/HCU看護師1対1あるいは1対2、呼吸療法士1対8とした。危機レベルではさらに急性期医師1人に5人の非急性期医師を階層状に配置し、集中治療専門医1対50、ICU/HCU看護師1人に病棟看護師3人を階層状に配置して、ICU/HCU看護師1対3あるいは1対6、呼吸療法士1対12とした。呼吸理学療法に携わる呼吸療法士の比率は、急増できないことから段階的に低下する算出とした。

## 人工呼吸器数の算出方法(台/10万人)

2021年2月の段階で、人工呼吸器台数は日本呼吸器学会及び日本臨床工学技士会の緊急調査等から算出すると、全45,293台であり、小児・新生児用が15,202台、成人用が30,091台(うち成人用の40%が未利用)だった。人工呼吸器の代用として麻酔器は約13,000台であり、予定手術は有事レベルで60%、危機レベルで80%を延期・中止する評価とした。

## システムの評価方法

日本の集中治療室におけるCOVID-19パンデミックにおける「従来」、「有事」、「危機」の3つのレベルにおける受け入れ能力については、厚労省の資料、および法的側面、災害対応機能、都市部と地方の医療機関の特徴、医療機関やICUの規模などの資料を分析した。

## 重症患者数予測

重症患者数予測については「新型コロナウイルス感染症の流行シナリオ」(西浦ら)を採用し基本再生算数( $R_0$ )1.4、1.7、2.0および、緊急事態宣言等の発動時期で分類した。

## 統計学的手法

重症患者数予測にはSIRモデルを用いた。

## 【結果】

上述の方法に基づいた主要な結果をTableとFigureに示した。その概要は以下である。

## 3つのレベルの収容可能患者数について

収容可能患者数(/10万人)は、従来レベルで1.5人、有事レベルで4.7~5.0人、危機レベルで12.5人だった。

#### 4つのSに基づく収容可能患者数について

収容可能患者数(/10万人)を病床数、職種および人工呼吸器台数に基づいて解析した結果、従来レベルで病床数1.5床、医師1.5人、看護師2.1~4.1人、呼吸療法士18.1人、人工呼吸器11.1台、有事レベルで病床数5.1床、医師5.0人、看護師4.7~9.5人、呼吸療法士38.5人、人工呼吸器20.0台、危機レベルで病床数53.7床、医師12.5人、看護師17.8~35.6人、呼吸療法士72.2人、人工呼吸器22.9台だった。「従来」、「有事」、「危機」の各レベルの最小数が実際に収容可能な患者数である。

#### 収容可能患者数と予測重症者数の比較について

重症患者数(/10万人)は $R_0$ 1.4において1.2~2.03人、 $R_0$ 1.7において2.16~4.53人、 $R_0$ 2.0において3.95~10.95人であった。 $R_0$ 1.4の場合は従来レベルまたは有事レベルで、また $R_0$ 1.7では有事レベルで、 $R_0$ 2.0では有事レベルまたは危機レベルで重症患者の収容が可能になると評価した。

#### 【考察】

本研究は、日本の保健医療システムが、各サージレベルで収容可能なCOVID-19重症患者数と予測重症患者数を比較するという検討において、有事や危機レベルの対応をすれば、重症患者を収容可能であることを明らかにしたものである。COVID-19管理における医療システムにおいては、医療資源を統合的・効率的に運用する仕組みの導入が必要と評価された。

本研究の限界は、有事・危機レベルのデータや仮定は十分に検証されておらず、モデルの仮定は簡略化されていることと、地域や各医療機関で負担には偏りがあり、パンデミックは医療従事者や家族に影響することが想定に含まれていないことである。

#### 【結語】

日本の保健医療システムの潜在的な重症患者の収容能力は、COVID-19重症患者数の急増に対応出来ることを実証した。しかし、医療資源が分散しているため、地域の医療資源の統合と効率的な運用、階層式の人員配置モデルの採用等が必要である。