코로나19 환자의 수술실 감염 관리

이 성 수 · 김 수 진 · 정 종 은 · 김 건 희 · 권 미 영 · 윤 미 정

국립중앙의료원 마취통증의학과

Infection control in operating rooms for COVID-19 patients

Seong Su Lee, MD · Su Jin Kim, MD · Jong Eun Jung, MD · Gunn Hee Kim, MD · Mi Young Kwon, MD · Mi Jung Yun, MD

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, National Medical Center, Seoul, Korea

Background: Surgeries performed for patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19) place the medical staff at very high risk of infection. We suggest recommendations for appropriate operation preparation, anesthetic management, and infection control for COVID-19 patients in operating rooms.

Current Concepts: Surgeries must be performed in an airborne infection isolation room, such as a negative-pressure operating room. It is recommended that scheduled surgeries for COVID-19 patients be postponed to an acceptable extent, with the exception of emergency cases. Moreover, the number of medical staff participating in the surgery should be minimized. Medical staffs should practice proper hand hygiene and wear an appropriate level of personal protective equipment depending on the infection risk. While performing surgery and inducing anesthesia in COVID-19 patients, endotracheal intubation should be performed by trained anesthesiologists with a video laryngoscope, preferably using high-efficiency viral filters, which can prevent contamination in the anesthesia machine. Use of disposable equipment or COVID-19 patient-specific devices is recommended to prevent the spread of infection, but instruments that require sharing among multiple patients must be thoroughly cleaned and disinfected before their use for the next patient.

Discussion and Conclusion: Medical staff performing surgeries for COVID-19 patients are at very high risk of infection. Therefore, the use of appropriate personal protective equipment, high-efficiency viral filters in breathing circuits during anesthesia, and disinfection of contaminated equipment after the operation are mandatory.

Key Words: COVID-19; General surgery; Anesthesia; Operating rooms; Infection control

서론

코로나바이러스감염증-19 (coronavirus disease 2019,

COVID-19)는 신종 코로나바이러스(severe acute respiratory syndrome coronavirus 2)로 인한 전염성이 강한 바이러스 질환으로서 2019년 11월 중국 우한에서 첫 사례가 보고되었다[1]. 전 세계적인 방역과 확산 억제를 위한 노력에도 불구하고, COVID-19의 발병률은 계속 증가하고 있으며, 2021년 5월 18일 기준 전 세계적으로 약 1억 6천 2백만 건의 확진 사례와 약 3백 3십 7만 명의 사망자 수가 보고되었다[2]. 대부분의 감염 환자들은 무증상에서부터 발열, 피로감, 기침 등 가벼운 증상을 가지고 있다. 그러나 심한 경우 증상이 빠르게 진행되어 대사성산증과

Received: May 31, 2021 Accepted: June 23, 2021

Corresponding author: Mi Jung Yun
E-mail: mijung.yun@nmc.or.kr

© Korean Medical Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

응고장애, 급성호흡곤란증후군, 패혈성쇼크, 사망에 이르는 경과를 보인다[3]. COVID-19 환자의 호흡기로부터 나온 비말을 통한 전파와, 바이러스로 오염된 표면을 접촉한 신체부위로 눈, 코, 입을 만지는 경우가 주된 전파경로로 알려져 있다. COVID-19는 주로 지역사회 감염 사례가 보고되나, 중증급성호흡기증후군(severe acute respiratory syndrome, SARS)과 중동호흡기증후군(Middle East respiratory syndrome, MERS)에서 보였던 것처럼 의료 시설 내 이차감염 사례도 다수 보고되어 있다[1,4].

따라서 수술실과 같은 제한된 공간에서 COVID-19 환자가 의료진에게 수술적 처치를 받는 경우, 비말이나 표면 접촉에 의한 COVID-19 전파 위험성은 더욱 증가하기 때문에 이를 막기 위한 차별화된 예방조치가 필요하다. 수술실은 철저한 환기 상태를 유지해야 하고, 세척 및 소독은 수술 및 마취를 포함한 의료시설 내의 모든 영역에서 시행되어야 한다. COVID-19 환자가 격리실이나 중환자실, 수술실에 입실한 경우, 전화나 인터폰과 같은 원격 의사소통 수단을 통해 환자가 있는 환경 외부의 임상 인력과 신속한 소통이 가능해야 한다. COVID-19 환자가 입실한 구역 내의 기구들은 감염의 매개체가 될 수 있기 때문에 불필요한 기구의 수를 최소화하고, 환자 치료에 사용되는 기구는 가능하면 일회용 장비를 사용하며, 청진기와 같이 일회용 장비가 아닌 경우에는 환자별로 전용기구를 사용한다. COVID-19 환자가 입실한 공간에는 COVID-19 환자 전용 폐기물 용기와 전용 손위생 재료를 구비해야 한다. 그 외에도 개인보호장비 착용 및 제거방법, 의료장비와 주변 환경의 소독과 세척, 음압수술실의 구조와 작동 원리, 폐기물 관리방법에 대한 이해가 필요하다. 이러한 감염관리법은 SARS와 MERS를 거치면서 그 경험을 바탕으로 진행된 논의와 연구가 축적되어 얻은 성과이다[5-8]. 이 논문에서는 저자의 COVID-19 환자의 수술관리 경험을 토대로 한국 질병관리청에서 발간한 COVID-19 감염예방관리 지침[9,10]과 그 외 수술실 감염관리와 관련된 문헌들을 참고하여, 수술실 환경에서 COVID-19 환자의 수술 및 마취관리에 대해 소개하고자 한다.

수술 전 고려사항

COVID-19 확진 판정을 받은 환자의 예정된 수술은 허용 가능한 시기까지 연기하는 것이 좋으며, 응급수술만 시행한다. COVID-19가 의심되는 환자의 경우 반드시 수술 전 감염 여부에 대한 확진 판정을 받도록 한다[11]. 다만 검사 결과를 기다릴 수 없는 응급수술의 경우에는 확진된 경우를 가정하여 실시한다[6]. 수술이 확정된 경우 수술에 참여하는 인력을 최소화하며, 의사, 간호사, 이송요원 등 의료종사자가 모여서 수술 절차와 준비사항에 대한 논의를 사전에 충분히 진행하여야 한다. 환자를 이송하여 수술 전 검사를 시행해야 하는 경우, 이송으로 인한 의료시설 내 감염위험과 검사로 얻을 수 있는 이득을 고려하여 검사범위를 정하며, 응급수술인 경우 COVID-19 환자는 감염 예방조치로 인해 일반 환자에 비하여 검사에 긴 시간이 소요된다는 점도 염두에 두어야 한다[12]. 수술에 참여하는 인력은 자신의 담당 역할과 개인보호장비의 착용법에 대해서 미리 충분히 교육을 받고, 특히 집도의와 마취의는 개인보호장비에 의해 수술 중 의사소통이 어려울 수 있으므로 수술 계획에 대해 사전에 충분히 논의한다[12,13]. 수술실까지 환자를 이동시킬 전용 동선은 가능한 짧고 대기실과 같은 체류 부분이 없도록 하여, 수술실로 바로 입실할 수 있도록 계획한다. 전용 동선을 확보할 수 없는 경우 이송 전후로 동선 주변을 통제한다[11]. 수술은 공기매개감염 격리실(airborne infection isolation room)에서 진행되어야 하며, 음압수술실이 그 예가 된다[14].

수술실 환경

수술은 개별 공조장치와 전실이 있는 음압수술실에서 시행하는 것을 가장 권고하며[6,13], 수술 중에는 수술실 내의 압력을 -2.5 Pa보다 낮게 유지해야 수술실 외부로의 공기매개 오염물질의 확산을 막을 수 있다[15]. 음압수술실이 갖춰져 있지 않은 경우에는 COVID-19 환자 전용 수술실을 지정하여 사용하도록 하며, COVID-19 환자 수술 중에는 전

Figure 1. Overall design of the negative-pressure operating room. Negative pressure is maintained as shown in ① and ②. When the doors of ① and ② are opened, the negative pressure is temporarily lost. ③ Square dotted arrow: pathway for the entry of medical staffs and patients. ⑤ Round dotted arrow: pathway for the patient's exit. ④ Solid line arrow: pathway for the exit of medical staff. ① Main operating room, ② anteroom, ③ waiting area, ④ doffing room, ⑤ buffer area. Adapted from Lee SS, et al. Anesth Pain Med 2020;15:498-504, according to the Creative Commons license [12].

용 수술실과 공조장치가 연결된 다른 수술실은 사용하지 않는다. 음압시설을 갖추기 위한 대안으로 이동형 음압기를 설치해 볼 수 있으나, 이 역시 별도의 환기구를 시공해야 한다 [16]. 수술실 천장에서 발생하는 층류는 수술실 벽의 환기구를 향하게 하여, 수술실 내의 공기가 수술장 위로 올라오지 않도록 한다. 수술실을 환기시킬수록 수술실 내의 오염물

질의 농도가 감소하게 된다. 시간당 환기 횟수가 12회인 경우, 공기매개 오염물질의 농도를 99% 이상 감소시키는 데는 23분, 99.9% 이상 감소시키는 데는 35분이 소요되며, 15회 이상인 경우에는 30분 이내로 99.9%의 오염물질이 제거된다[15].

수술 중에는 반드시 필요한 경우를 제외하고 수술실 문을 항상 닫아 두어야 하며, 수술실 출입을 최소화하기 위하여 추가적으로 필요할 수 있을 여분의 수액이나 약물 등을 미리 준비 해둔다. 수술에 필요하지 않은 물건들은 수술실 외부로 옮겨두고, 수술실에 이동이 불가능한 내장된 기기는 수술에 사용하지 않는 경우 플라스틱 비닐로 덮어둔다. 그 외 수술 중간에 필요한 물품이 있는 경우 전실에서 외부 인력을 통해서 전달받는다[8,13]. 수술 종료 또는 휴식을 위해 수술실 내의 인력이 퇴실하는 경우에는 전실에서 개인 보호장비를 제거하거나[8], 별도의 마련된 공간에서 제거한 후 퇴실한다. 음압수술실 구조의 예시를 Figure 1에 제시하였다[12].

손위생과 개인보호장비

손위생은 COVID-19 환자와 접촉할 때마다 매번 시행해야 하며, 접촉하기 전, 후 모두 시행되어야 한다. 특히 환자 주변의 환경, 혈액 체액, 분비물, 배설물 또는 기타 오염물질에 노출이 된 경우 반드시 수행해야 한다. 육안으로 보여지는 오염물질의 경우는 비누와 물을 사용하여 40-60초간 손위생을 시행한다. 그렇지 않은 경우에는 알코올이 함유된 손세정제를 20-30초간 사용할 수 있으며, 충분한 양의 세정제를 손 전체에 바르고 완전히 마를 때까지 문지른다[6,9].

모든 의료진은 오염물질에 대한 노출을 막기 위해 개인 보호장비(personal protective equipment)를 착용해야 한다. 또한 COVID-19 환자가 머무른 공간을 청소하는 인력과, COVID-19 환자가 사용한 기구를 세척하고 세탁물을 취급하는 인력도 개인보호장비를 반드시 착용해야 한다. 개인보호장비는 일회용 장갑, 소매가 긴 가운, 전신

Figure 2. Suggested breathing system filter placement. Airway and expiratory limb filters are recommended for coronavirus disease patients or patients under investigation. An inspiratory limb filter is recommended only when the machine is thought to be contaminated by a previous patient. An external sample gas filter is recommended when the filter is not part of the water trap and when sampled gases return to the breathing circuit. Illustrated by the author.

보호복, 덧신, 장화, 모자, 고글 또는 안면보호구, 호흡기 보호구(KF94 마스크, N95 마스크, 안면부 여과식 마스크) 등을 포함하며, 의료종사자의 역할과 감염위험에 따라 필요한 수준의 개인보호장비를 착용한다[6]. 예를 들어서 COVID-19 환자의 체액과 혈액, 분변을 취급할 경우에는 방수 재질의 전신 보호복을 착용한다[13]. 에어로졸 발생 시술(aerosol generating procedure)에 참여하는 의료진은 마스크 대신 전동식 공기정화 호흡보호구(powered air-purifying respirators)를 사용할 수 있다[9]. 전동식 호흡보호구는 고효율 필터를 통과한 공기가 후드 내부에서 외부로 향하는 공기 흐름을 발생시켜 에어로졸에 대한 가장 높은 수준의 보호를 제공하며, 오염물질로부터 머리와 목의 노출을 최소화할 수 있다[17]. 개인보호장비는 COVID-19 환자가 있는 수술실에 입실할 때마다 교체되어야 한다. COVID-19 환자의 수술을 마친 후, 또는 기구 소독 및 세척, 수술실 소독 등 오염물질과 접촉할 수 있는 모든 작업을 완료한 후에는 개인보호장비를 제거하고 손세척과 손소독이 포함된 손위생을 시행한 뒤 퇴실해야 한다[10]. 특히 에어로졸 발생 시술 중 심하게 오염된 개인 보호장비는 즉시 교체한다[18]. 개인보호장비를 제거할 때는 감염원이 될 수 있는 부분이 신체의 다른 부위나 주변

환경을 오염시키지 않도록 해야 하며 [10], 개인보호장비의 제거과정에서 오염물질에 대한 잠재적 노출 위험이 가장 높다는 점을 인지하고 세심한 주의를 기울여야 한다[18]. 개인보호장비를 올바르게 제거한 뒤에는 즉시 의료폐기 물함에 버려야 한다. 손상되거나 오염된 개인보호장비는 재사용이 불가능하며, 즉시 폐기되어야 한다.

마취 중 감염관리

마취 중 감염관리를 위해 특히 에어로졸 발생 시술에 해당하는 기관내삽

관과, 기도 흡인 과정에서 주의를 기울여야 한다. 마취기는 COVID-19 환자의 호흡기 비말에 노출되기가 쉽기 때문에 마취기의 오염을 막기 위해 적절한 위치에 바이러스 필터 효율이 높은 고효율 필터 혹은 열수분교환 필터를 장착해야 한다. 시판 중인 고효율 필터 혹은 열수분교환 필터는 대부분 바이러스 필터 효율이 99.99% 이상이며, 이는 COVID-19 환자에서 발생하는 공기 매개 오염물질을 여과하는 데 충분하다[11]. 필터의 위치는 호흡 회로와 환자의 기관 튜브 또는 안면 마스크에 연결될 부분 사이에 한 개를 설치하고, 추가 필터를 마취기와 호기 회로(expiratory circuit)의 끝 사이에 설치한다. 마취기와 흡기회로(inspiratory circuit) 사이에도 추가 필터를 설치할 수 있으나, 반드시 설치를 할 필요는 없다(Figure 2) [19].

기관 내 삽관은 의료진이 환자의 비말에 노출될 위험이 높은 고위험 시술이다. 기관내 삽관은 숙련된 마취통증의학과 의사가, 역시 숙련된 보조자의 도움 하에 시행한다[18]. 기관삽관 중 발생할 수 있는 저산소증을 예방하기 위해 마취 전 산소투여가 필요하므로, 안면마스크를 환자의 얼굴에 밀착시키고, 100%의 산소를 5분간 투여한다[20]. 마취제가 투여된 후 용수환기(manual ventilation)로 인한

오염물질의 전파를 최소화하기 위해 가능한 급속연속기관 삽관(rapid sequence intubation)을 시행하는 것이 좋다. 환자의 폐포동맥 간 산소분압차가 매우 높아 30초 정도의 무호흡 상태로도 저산소혈증이 유발될 것으로 예상되거나, 탈분극성 근이완제 사용이 금지인 환자의 경우에는 상황에 따라 급속연속기관삽관을 시행하지 않을 수 있다. 각성 상태에서 기관지경을 이용한 삽관이나 기도 내 국소마취에 분무와 같이 기침을 유발하여 비말을 전파할 수 있는 조작은 하지 말아야 하며, 삽관의 성공률을 높이기 위해 비디오 후두경을 사용한다[18]. 전동식 공기정화 호흡보호구를 착용할 경우 청진기를 사용할 수 없으므로[21], 호기말 이산화탄소 분석(capnogram) 장치를 준비하여 기관삽관이 적절히 되었는지를 확인한다. 마취의가 기관삽관을 완료하고 수술실 환기가 충분히 이루어진 뒤(시간당 환기량 15회인 경우 30분 이상) 나머지 의료진이 입실한다[22,23].

마취 유지 중에는 가슴기능이 있는 열수분교환 필터를 사용하는 것을 권장한다[19]. 만약 가슴기능이 없는 필터를 사용할 경우, 분당 1-2 L 미만의 신선가스 유량으로 저유량 마취를 하거나[19], 폐쇄순환 회로를 사용하여 흡기 가스의 습도를 유지시킨다. 호기말 이산화탄소 분석을 위한 샘플 가스가 필터를 통과한 뒤에 포집되었다면 마취기를 오염시키지 않는다. 그러나 샘플 라인(sample gas tube for capnogram)의 위치가 적절하지 않거나 고효율 필터를 사용하지 않은 경우에는 샘플 가스가 호흡회로를 오염시킬 수 있기 때문에, 이 경우에는 대안으로 0.2 µm 약물 주입 필터(예: 경막외 카테터 세트에 있는 약물 주입 필터)를 호기말 이산화탄소 측정 장치의 워터 트랩 입구에 장착해 볼 수 있다(Figure 2) [19]. 워터 트랩과 약물 주입 필터는 환자마다 교체해야 하며 이산화탄소 분석 기계의 센서와 결합되는 부위에는 제조사별로 0.2-0.45 µm 크기의 필터가 장착되어 있어 이산화탄소 분석기계의 센서 내부는 오염되지 않는다[19].

마취 중 환자의 기관 내 튜브 내에 있는 가래나 구강 분비물을 제거하기 위해 기도 흡인을 할 경우, 반드시 폐쇄성 흡인 방식을 사용해서 오염을 방지해야 한다. 수술이 종료된

후 환자는 회복실로 이동시키지 않으며 수술실에서 회복과정을 거친다. 회복이 끝난 후 퇴실 결정이 내려지면 수술실 내부의 의료진은 수술실 외부에서 대기 중인 이송인력에게 환자를 인계한 뒤 퇴실한다[11].

호흡회로의 적절한 위치에 고효율 필터를 장착한 경우 수술 후 마취기 내부를 소독할 필요는 없다. 하지만 고효율 필터를 사용하지 않았거나 필터가 적절한 위치에 장착되지 않은 경우에는 마취기 내부의 오염 가능성이 있으므로 내부 구성품을 반드시 소독해야 한다[19]. 소독이 어려운 내부 구성품은 플라스틱 혹은 철제 표면에서 바이러스의 생존력이 72시간을 넘지 못한다는 점을 고려하여[24], 오염 가능성이 있는 시점으로부터 최소한 72시간 이상 사용을 중지한다. 마취기의 구성품 중 호흡회로를 포함한 일회용 제품은 폐기하며, 재사용을 해야 하는 마취기의 구성품이나 마취기의 표면은 세척과 소독을 한다[19].

수술 후 소독과 폐기물 관리

COVID-19 환자의 수술에 사용하는 물품은 가급적 일회용품을 사용하며, 산소마스크, 코산소주입관, 흡인관은 재사용하지 않는다[9]. 재사용이 필요한 물품들은 수술이 종료된 후 수술실에서 밀폐가 가능한 용기에 담은 뒤, 용기 표면을 소독제로 닦은 후 세척시설로 옮긴다. 특히 기관삽관 시 사용한 후두경 중 재사용이 필요한 부분은 기관삽관이 종료된 후 즉시 비닐에 담는다[11]. 세척 공간은 청결물품이 있거나, 다른 환자가 이용하게 되는 공간과 분리된 곳이어야 하며, 기구를 충분히 잠גיע 한 후 세척용액이 주변에 튀지 않도록 주의하며 세척한다[9]. 기구를 세척하는 의료종사자는 KF94 또는 N95 마스크, 긴 소매의 방수가운을 포함한 개인보호장비를 착용한다[6,9].

소독 시에는 기구의 위험도에 따라 소독 수준을 달리한다. 비위험 기구는 낮은 수준의 소독(예: 70-90% 에탄올 또는 1:500 차아염소산 나트륨 희석액에 1분 이상 점적)을 시행하며 준위험 기구는 높은 수준의 소독(예: 2% 이상 글루타르알데하이드 희석액에 20분 점적), 고위험 기

구는 고압증기멸균(autoclave) 또는 에틸렌옥사이드 가스를 이용한 멸균을 실시한다[9,25]. 소독제 제조사의 권장 사항을 반드시 확인하고 소독제의 희석, 적용시간, 유효기간, 유효농도 측정 등 권장 소독과정을 철저히 준수해야 한다[9].

청소나 소독을 담당하는 의료종사자는 감염예방 교육을 받아야 하며, KF94 또는 N95 마스크 이상의 호흡기보호구, 앞치마를 포함한 개인보호장비를 착용한다. 표면 소독 시 유기물이 표면에 남아 있을 경우 적절한 소독을 할 수 없으므로 소독 전 반드시 표면을 닦아낸다. 수술실 청소 시 공기를 통한 병원균의 확산을 막기 위해 빗자루나 진공청소기 대신 세척액 또는 소독제로 적신 걸레를 사용한다. 소독제를 분사해서 사용하지 않고, 소독약으로 적신 깨끗한 타올이나 제품화된 소독티슈를 사용하여 표면을 철저히 닦아낸다[9]. 특히 환자의 체액이나 혈액으로 수술실이 오염되었을 경우 즉시 세척하고 소독한다[9,11]. 가능하다면 일회용 세척도구나 COVID-19 환자 전용 세척도구를 사용한다. 단, 재사용을 해야 하는 세척도구는 사용 후 적절한 소독제로 소독한 뒤 건조 후 재사용할 수 있도록 보관한다. 일반적으로 의료기관에서 사용하는 소독제로 차아염소산 나트륨(1,000 ppm 권장), 70% 알코올(국소 표면소독 시) 등이 있으며, 바이러스에 대한 살균력이 입증된 소독제도 사용할 수 있다[9]. 수술 후에는 수술실 내의 공기 매개 오염물질을 제거하기 위하여 수술실의 시간당 환기 횟수를 고려하여 충분한 환기를 진행한다[11,13].

COVID-19 환자 수술 후 발생한 폐기물은 의료폐기물 처리규정을 따르며, 발생장소에서 분리하여 처리한다[9]. 수술실 내에서 폐기물을 담당하는 인력은 긴 가운과 N95 마스크를 포함한 개인보호장비를 착용하고, 보관장으로 운반하는 인력은 긴 가운과 장갑, 일반 마스크를 착용한다[10]. 바늘이나 칼날과 같이 날카로운 폐기물은 반드시 구멍이 뚫리지 않는 전용 용기에 버리도록 한다[9]. 고형의 날카롭지 않은 감염성 폐기물은 폐기물 용기에 수집하여 뚜껑을 밀봉하고 용기의 표면을 소독제로 닦는다[11]. 환자의 체액과 배설물은 폐수 배출 규정에 따라 하수구에 폐기

하며 처리과정에서 주변 환경이나 사람이 오염되지 않도록 한다[9].

결론

COVID-19 감염 환자의 수술은 가능한 한 응급수술만 시행하며, 수술실까지 환자를 이동시킬 전용 동선을 확보하고, 공기매개감염 격리실에서 진행되어야 한다. 수술실에서 행해지는 마취나 수술에 참여하는 의료진들은 제한된 공간 내에서 환자의 비말이나 혈액, 분비물 등에 노출됨으로써 감염의 위험이 높은 상황에 놓이게 된다. 따라서 관련 업무에 참여하는 모든 인력은 자신의 담당 역할, 개인보호장비의 착용법과 소독 및 폐기물 처리 등의 감염관리 방법에 대해 미리 충분히 교육을 받고 숙지해야 한다.

찾아보기말: 코로나바이러스19; 수술; 마취; 수술실; 감염관리

ORCID

Seong Su Lee, <https://orcid.org/0000-0003-1225-4617>

Su Jin Kim, <https://orcid.org/0000-0001-6355-4543>

Jong Eun Jung, <https://orcid.org/0000-0003-2171-7388>

Gunn Hee Kim, <https://orcid.org/0000-0002-0014-8297>

Mi Young Kwon, <https://orcid.org/0000-0002-0667-9494>

Mi Jung Yun, <https://orcid.org/0000-0001-5838-4893>

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

1. Wu Z, McGoogan JM. Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China: summary of a report of 72,314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA* 2020;323:1239-1242.

2. World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19) pandemic [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2021 [cited 2021 May 18]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>.
3. Wax RS, Christian MD. Practical recommendations for critical care and anesthesiology teams caring for novel coronavirus (2019-nCoV) patients. *Can J Anaesth* 2020;67:568-576.
4. Lotfi M, Hamblin MR, Rezaei N. COVID-19: transmission, prevention, and potential therapeutic opportunities. *Clin Chim Acta* 2020;508:254-266.
5. Chee VW, Khoo ML, Lee SF, Lai YC, Chin NM. Infection control measures for operative procedures in severe acute respiratory syndrome-related patients. *Anesthesiology* 2004;100:1394-1398.
6. Kim JY, Song JY, Yoon YK, Choi SH, Song YG, Kim SR, Son HJ, Jeong SY, Choi JH, Kim KM, Yoon HJ, Choi JY, Kim TH, Choi YH, Kim HB, Yoon JH, Lee J, Eom JS, Lee SO, Oh WS, Choi JH, Yoo JH, Kim WJ, Cheong HJ. Middle east respiratory syndrome infection control and prevention guideline for healthcare facilities. *Infect Chemother* 2015;47:278-302.
7. Peng PW, Wong DT, Bevan D, Gardam M. Infection control and anesthesia: lessons learned from the Toronto SARS outbreak. *Can J Anaesth* 2003;50:989-997.
8. Park J, Yoo SY, Ko JH, Lee SM, Chung YJ, Lee JH, Peck KR, Min JJ. Infection prevention measures for surgical procedures during a middle east respiratory syndrome outbreak in a tertiary care hospital in South Korea. *Sci Rep* 2020;10:325.
9. Korea Disease Control and Prevention Agency. COVID-19 infection prevention and control guidance for healthcare facilities [Internet]. Osong: Korea Disease Control and Prevention Agency; 2020 [cited 2021 May 18]. Available from: www.kdca.go.kr/board.es?mid=a20507020000&bid=0019&act=view&list_no=366579.
10. Korea Disease Control and Prevention Agency. Coronavirus infectious disease-19 infection prevention and management in medical institutions (for hospital-grademedical institutions) [Internet]. Osong: Korea Disease Control and Prevention Agency; 2021 [cited 2021 May 18]. Available from: <http://www.gidcc.or.kr/epvbr/%EC%BD%94%EB%A1%9C%EB%82%98%EB%B0%94%EC%9D%B4%EB%9F%AC%EC%8A%A4%EA%B0%90%EC%97%BC%EC%A6%9D-19covid-19/>.
11. Public Health England. COVID-19: guidance for maintaining services within health and care settings. Infection prevention and control recommendations [Internet]. London: Public Health England; 2021 [cited 2021 May 18]. Available from: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/990923/20210602_Infection_Prevention_and_Control_Guidance_for_maintaining_services_with_H_and_C_settings__1_.pdf.
12. Lee SS, Park JH, Kim GH, Kwon MY, Kim HY, Moon YJ, Kim SJ, Yun MJ. Emergency exploratory laparotomy in a COVID-19 patient: a case report. *Anesth Pain Med (Seoul)* 2020;15:498-504.
13. Wong J, Goh QY, Tan Z, Lie SA, Tay YC, Ng SY, Soh CR. Preparing for a COVID-19 pandemic: a review of operating room outbreak response measures in a large tertiary hospital in Singapore. *Can J Anaesth* 2020;67:732-745.
14. Leung TF, Ng PC, Cheng FW, Lyon DJ, So KW, Hon EK, Li AM, Li CK, Wong GW, Nelson EA, Hui J, Sung RY, Yam MC, Fok TF. Infection control for SARS in a tertiary paediatric centre in Hong Kong. *J Hosp Infect* 2004;56:215-222.
15. Sehulster L, Chinn RY; CDC; HICPAC. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). *MMWR Recomm Rep* 2003;52(RR-10):1-42.
16. Kang J, Jang YY, Kim J, Han SH, Lee KR, Kim M, Eom JS. South Korea's responses to stop the COVID-19 pandemic. *Am J Infect Control* 2020;48:1080-1086.
17. Tompkins BM, Kerchberger JP. Special article: personal protective equipment for care of pandemic influenza patients: a training workshop for the powered air purifying respirator. *Anesth Analg* 2010;111:933-945.
18. Peng PWH, Ho PL, Hota SS. Outbreak of a new coronavirus: what anaesthetists should know. *Br J Anaesth* 2020;124:497-501.
19. Feldman J, Philip J. FAQ on anesthesia machine use, protection, and decontamination during the COVID-19 pandemic [Internet]. Rochester: Anesthesia Patient Safety Foundation; 2021 [cited 2021 May 18]. Available from: <https://www.apsf.org/faq-on-anesthesia-machine-use-protection-and-decontamination-during-the-covid-19-pandemic/>.
20. Kim HJ, Ko JS, Kim TY. Recommendations for anesthesia in patients suspected of COVID-19 Coronavirus infection. *Korean J Anesthesiol* 2020;73:89-91.
21. Sullivan EH, Gibson LE, Berra L, Chang MG, Bittner EA. In-hospital airway management of COVID-19 patients. *Crit Care* 2020;24:292.
22. Jensen PA, Lambert LA, Iademarco MF, Ridzon R; CDC. Guidelines for preventing the transmission of Mycobacterium

tuberculosis in health-care settings, 2005. MMWR Recomm Rep 2005;54(RR-17):1-141.

23. American College of Surgeons. COVID-19: considerations for optimum surgeon protection before, during and after operation [Internet]. Chicago: American College of Surgeons; 2020 [cited 2021 May 18]. Available from: <https://www.facs.org/covid-19/clinical-guidance/surgeon-protection>.
24. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, Tamin A, Harcourt JL, Thornburg NJ, Gerber SI, Lloyd-Smith JO, de Wit E, Munster VJ. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. N Engl J Med 2020;382:1564-1567.
25. Rutala WA, Weber DJ; Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities, 2008 [Internet]. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention; 2019 [cited 2021 May 18]. Available from: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/disinfection-guidelines-H.pdf>.

Peer Reviewers' Commentary

제한된 공간에서 COVID-19 환자가 수술적 처치를 받는 경우, 수술실에서 행해지는 마취나 수술에 참여하는 의료진들은 제한된 공간 내에서 환자의 비말, 혈액, 분비물 등에 노출됨으로서 감염의 위험이 높은 상황에 놓이게 된다. 이 논문은 수술실에서 COVID-19 환자가 수술을 받는 경우, 수술과 마취관리에 관하여 고려해야 할 사항을 체계적으로 설명하고 있다. 저자의 수술 관리 경험에 더하여 한국 질병관리청에서 발간한 COVID-19 감염 예방 관리지침과 그 외 수술실 감염 관리와 관련된 문헌들을 정리하여 설명해 주고 있다. COVID-19는 전세계적인 노력에도 불구하고 현재까지 심각한 문제들을 지속시키고 있다. 또한, 호흡기를 이용한 전파가 중요한 상황에서 수술마취관리는 매우 중요하며, 위생과 개인보호장비, 소독과 폐기물관리, 그리고 수술실과 호흡회로의 디자인 등이 실질적인 도움이 된다. 이 논문은 COVID-19에 국한되지 않고 수많은 감염환자의 수술마취관리에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

[정리: 편집위원회]