

Difficult Airway Society 2015 성인에서 예상치 못한 어려운 기관삽관의 관리 가이드라인

BJA

British Journal of Anaesthesia, 115 (6): 827–48 (2015)

doi: 10.1093/bja/aev371
Advance Access Publication Date: 10 November 2015
Special Article

SPECIAL ARTICLE



Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults[†]

C. Frerk^{1,*}, V. S. Mitchell², A. F. McNarry³, C. Mendonca⁴, R. Bhagrath⁵, A. Patel⁶,
E. P. O'Sullivan⁷, N. M. Woodall⁸ and I. Ahmad⁹, Difficult Airway Society
intubation guidelines working group

¹Department of Anaesthesia, Northampton General Hospital, Billing Road, Northampton NN1 5BD, UK,

²Department of Anaesthesia and Perioperative Medicine, University College London Hospitals NHS Foundation

Trust, 235 Euston Road, London NW1 2BU, UK, ³Department of Anaesthesia, NHS Lothian, Crewe Road South,

Edinburgh EH4 2XU, UK, ⁴Department of Anaesthesia, University Hospitals Coventry & Warwickshire NHS Trust,

Clifford Bridge Road, Coventry CV2 2DX, UK, ⁵Department of Anaesthesia, Barts Health, West Smithfield, London

EC1A 7BE, UK, ⁶Department of Anaesthesia, The Royal National Throat Nose and Ear Hospital, 330 Grays Inn Road,

London WC1X 8DA, UK, ⁷Department of Anaesthesia, St James's Hospital, PO Box 580, James's Street, Dublin 8,

Ireland, ⁸Department of Anaesthesia, The Norfolk and Norwich University Hospitals NHS Foundation Trust,

Colney Lane, Norwich NR4 7UY, UK, and ⁹Department of Anaesthesia, Guy's and St Thomas' NHS Foundation

Trust, Great Maze Pond, London SE1 9RT, UK

*Corresponding author. E-mail: chris.frerk@ngh.nhs.uk

한글번역작업: 대한기도관리학회



구승우(울산의대), 김용석(가톨릭의대), 김태엽(건국의대),
김현주(연세의대), 류춘근(중앙의대), 박윤곤(연세의대),
서정화(서울의대), 서형석(경희의대), 송승우(국군양주병원),
이상현(성균관의대), 이종석(연세의대), 임현교(원주의대),
장철호(연세의대), 정용훈(중앙의대), 정지선(성균관의대),

번역관련문의: 대한기도관리학회 k-sam@k-sam.or.kr

초록

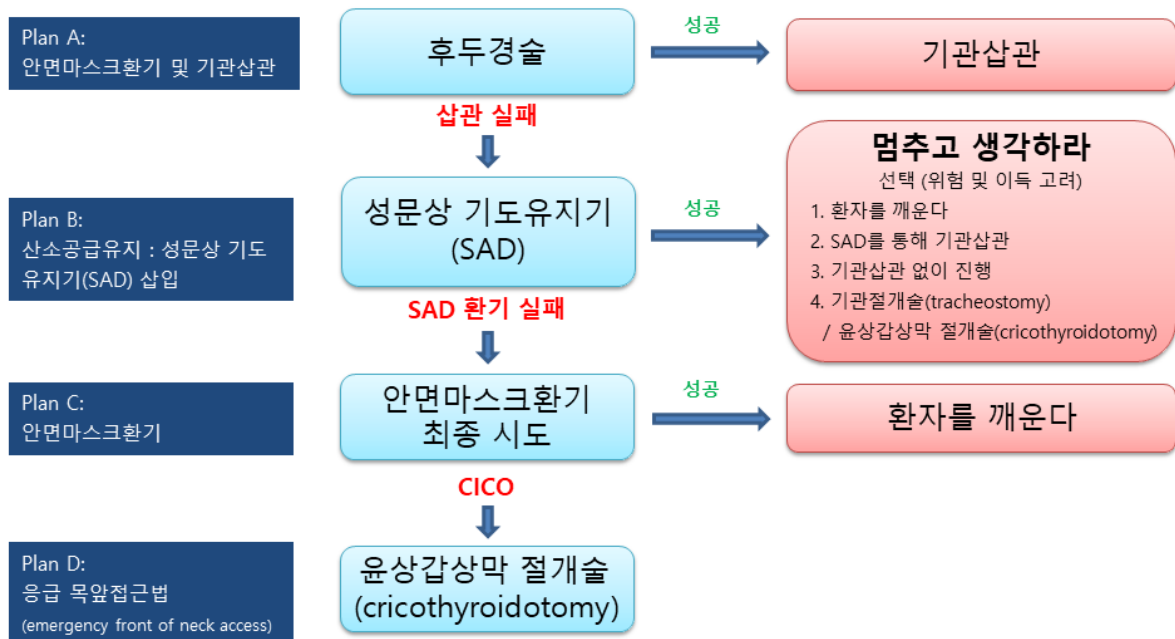
이 가이드라인은 기관삽관(tracheal intubation)이 예상치 않게 어려울 때 이에 대처하기 위한 방법을 제시한다. 이 가이드라인은 출판되어 있는 근거를 기반으로 하여 만들었고, 근거가 없는 것은 Difficult Airway Society(DAS) 회원의 피드백과 전문가 의견을 반영하였다. 이 가이드라인은 위기 상황에 대한 이해의 폭을 넓혀 주고, 기도관리(airway management) 시 어려움이 생겼을 때 이를 인지하고 분명히 알려야 한다는 점을 강조한다. 일반적인 기관삽관과 급속마취유도(rapid sequence induction, RSI) 시 발생하는 예기치 못한 어려움들을 이 가이드라인에서는 간단하고 단순화시킨 하나의 알고리즘으로 다룬다. 삽관 실패 시 대응 계획은, 특히 응급 수술에서라면, 마취 유도 전에 수립되어 있어야 한다. 마취 전 평가, 마취 준비, 환자 자세, 마취 전 산소투여, 산소공급 유지, 기도 시술에 의한 손상을 최소화 하는 점 등을 강조하였다. 기관삽관 관련 시도 횟수 제한을 권고하며, 부지(bougie), 성문상 기도유지기(supraglottic airway device, 이하 SAD)등 후두를 보지 않고 하는 기관삽관은 비디오후두경이나 굴곡기관지경 유도를 통한 기관삽관으로 대체되고 있다. 기관삽관이 실패하면, 앞으로 어떻게 진행할지를 검토하는 동안 우선 SAD로 산소를 공급할 것을 권고한다. 2세대 SAD가 장점이 있으며 사용이 권장된다. 기관삽관과 SAD 삽입이 모두 실패하면 환자를 깨우는 것이 기본적인 선택이다. 이 단계에서 신경근차단 상태임에도 안면마스크를 통한 산소공급이 불가능하다면 즉시 윤상갑상막 절개술(cricothyroidotomy)을 시행한다. Scalpel을 이용한 윤상갑상막 절개술(scalpel cricothyroidotomy)이 권장되며 모든 마취과 의사가 이를 수행할 수 있어야 한다. 여기 기술한 계획들은 단순하고 따르기 쉽게 만들었다. 이를 주기적으로 연습하고 마취팀 모두가 이 가이드라인에 익숙해져야 한다.

핵심어: 기도 폐색, 합병증, 삽관, 기관삽관, 환기

예상하지 못한 어려운 기관삽관의 대처 방법에 관한 DAS 가이드라인이 2004년에 처음 출판된 후 의료 행위는 계속 변화하고 있다.¹ 영국 마취과 학회와 DAS가 4 번째 시행한 전국 조사 프로젝트(The 4th National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and Difficult Airway Society, 2011; 이하 NAP4)는 기도관리와 관련된 인자 중에 환자의 예후를 나쁘게 하는 것에 대해 상세한 정보를 제시하고, 판단, 의사 소통, 계획, 장비, 수련에서 부족한 점을 강조하고 있다.² 이후 새 약제들과 비디오후두경이 도입되었으며, 최근 마취 전 산소투여와 환자 자세의 최적화를 통하여 무호흡 산소포화도 유지 시간을 연장시키는 것에 관한 연구들이 진행되고 있다.

개정된 가이드라인들은 기관삽관 실패 시 사용될 일련의 순차적인 계획들을 제공하며, 실패로 인한 손상과 합병증을 최소화하기 위해 기도관리를 위한 시술의 횟수를 제한하고, 산소공급을 우선시 하도록 작성되어 있다(그림1). 마취과 의사는 시술을 처음 시행하기 전에 시술이 실패할 경우를 대비한 대체 계획을 갖고 있어야 한다는 원칙이 여기에도 적용된다.

DAS 어려운 기관삽관 가이드라인 개요



이 흐름도는 DAS 2015 어려운 기관삽관 가이드라인의 일부이며 본문과 연계하여 사용해야 함

그림 1. DAS 2015 어려운 기관삽관 가이드라인 개요. CICO, can't intubate can't oxygenate, 기관삽관 및 산소공급 불가; DAS, Difficult Airway Society; SAD, supraglottic airway device, 성문상 기도유지기.

소아 마취와 산과 마취 시 어려운 기관삽관 및 발관에 대해서는 별도의 가이드라인이 있다.³⁻⁵

DAS 가이드라인(2015)은 예상치 못한 어려운 기관삽관에 대하여 다루고 있다. 모든 환자들은 수술 전 목앞접근법을 포함한 기도관리에 대한 모든 측면의 기도 평가(airway assessment)를 받아야 한다.

이 가이드라인의 목표는 생명을 위협할 수 있는 상황에서, 의료진이 체계적으로 대응할 수 있게 하는 것이다. 현재의 의료 행위와 최근 발전 사항을 종합하여 이 가이드라인을 만들었다.

모든 이상 사례(adverse event)는 동일하지 않고 제각각(unique)이며, 환자의 동반 질환, 시술의 긴급성, 마취과 의사의 기량 및 가용 자원(장비equipment, 인력personnel, 장소location)이 이에 영향을 미칠 수 있다.^{2,6} 마취과 의사는 혼자 일하지 않는다는 것과 기도 위기 상황에서 마취 보조자의 역할이 중요하다는 것은 주지의 사실이다.⁷ 위기 상황에 대처하기 위한 최선의 대안책에 대하여 마취 유도 전에 마취 보조자와 함께 논의하고 결정해야 한다.

응급 상황이 발생한 후에는 의사 결정이 어렵다는 점을 감안하여 이 가이드라인을 만들었으며 이 가이드라인에는 마취팀이 올바른 결정을 할 수 있게 해주는 단계적 과정이 포함되어 있다. 후두

경 시도, SAD 거치 등의 시술 횟수를 제한할 것, 안면마스크환기가 가능하다고 해도 일단 SAD를 삽입하고 기관삽관이 실패했음을 주위에 알릴 것, 시술을 멈추고 앞으로 어떻게 할 것인지에 대해 생각하는 시간을 가질 것 등이 그 예이다.

성공률을 가장 높일 수 있는 필수적인 능력과 기술을 확인하려는 시도를 하였다. 이 가이드라인을 사용하는 마취과 의사와 마취 보조자는 여기에 기술한 장비와 사용 방법에 대해 반드시 익숙해져야 한다. 이를 위해서는 새로운 기술을 익히고 주기적으로 연습해야 하는데, 이는 숙련된 마취과 의사에게도 적용된다.

방법

DAS는 이전 가이드라인을 업데이트하기 위해 2012년 4월에 위원회를 구성하였다. 처음의 문헌 검색은 2002년 1월부터 2012년 6월까지 데이터베이스(Medline, PubMed, Embase, and Ovid)와 검색 엔진(Google Scholar)을 사용하여 시행하였다. 미국(<http://www.asahq.org>), 호주 및 뉴질랜드(<http://www.anzca.edu.au>), 유럽(<http://www.esahq.org/euroanaesthesia>), 캐나다(<http://www.cas.ca>), 스칸디나비아 마취과학회 웹사이트(<http://ssai.info/guidelines/>)에서도 기도관리 가이드라인을 검색하였다. 영어로 작성된 논문들과 초록들을 핵심 용어와 필터를 통해 검색하였다. 검색 단어는 아래와 같다:

Aintree intubating catheter, Airtraq, airway device, airway emergency, airway management, Ambu aScope, backward upward rightward pressure, Bonfils, Bullard, bronchoscopy, BURP manoeuvre, can't intubate can't ventilate, can't intubate can't oxygenate, C-Mac, Combitube, cricoid pressure, cricothyroidotomy, cricothyrotomy, C trach, difficult airway, difficult intubation, difficult laryngoscopy, difficult mask ventilation, difficult ventilation, endotracheal intubation, esophageal intubation, Eschmann stylet, failed intubation, Fastrach, fiber-optic scope, fibreoptic intubation, fiberoptic scope, fibreoptic stylet, fibrescope, Frova catheter, Glidescope, gum elastic bougie, hypoxia, i-gel, illuminating stylet, jet ventilation catheter, laryngeal mask, laryngeal mask airway Supreme, laryngoscopy, lighted stylet, light wand, LMA Supreme, Manujet, McCoy, McGrath, nasotracheal intubation, obesity, oesophageal detector device, oesophageal intubation, Pentax airway scope, Pentax AWS, ProSeal LMA', Quicktrach, ramping, rapid sequence induction, Ravussin cannula, Sanders injector, Shikani stylet, sugammadex, supraglottic airway, suxamethonium, tracheal introducer, tracheal intubation, Trachview, Tru view, tube introducer, Venner APA, videolaryngoscope, videolaryngoscopy

최초 검색에서 초록 16590개를 찾았으며 동일한 검색어로 6개월마다 검색을 반복하였다. 총

23039개의 초록을 찾았으며 실무 그룹에서 연관성을 평가하였고, 971개의 논문 전문을 검토하였다. 검토한 논문의 참고 문헌과 수기 검색을 통해 논문을 추가하였다. 연관성이 있다고 생각되는 논문은 최소 2명의 실무 위원이 검토하였다. 근거가 불충분하여 특정 술기를 권고하기 어려운 경우, 전문가에게 의견을 구하였다.⁸ 전문가 의견은 특히 기관삽관 및 산소공급 불가(can't intubate can't oxygenate; 이하 CICO) 상황에 대한 구제(rescue) 술기를 검토하는 과정에서 많은 도움이 되었다.

과정 전반에서 DAS 회원들의 의견을 구했다. 2013, 2014년 DAS 학술 회의에서 발표하였고, 최신 사항을 DAS 웹사이트에 게재했으며, 기존 가이드라인에서 어느 부분이 업데이트가 필요한 지에 대해 회원들을 대상으로 온라인 설문을 수행하였다. 기도발관 가이드라인을 만드는 데 사용한 방법에 따라,⁵ 선별된 DAS 회원에게 가이드라인 초안을 공유하고, 국제적인 전문가들에게 조언을 구했으며 실무 그룹은 모든 답변을 검토하였다.

면책(disclaimer)

이 가이드라인이 의료행위 시 최소한의 기준이나 임상적인 판단의 대안으로 간주되어서는 안 된다.

인적 요소(human factors)

NAP4에 보고된 이상 사례의 40%가 인적 요소의 영향을 받은 것으로 보이나 세부 환자군을 더 분석 해 본 결과, 인적 요소가 모든 이상 사례에 영향을 주었음을 확인할 수 있었다. Flin 등⁹은 상황을 인지하지 못하고 잘못된 결정을 내리게 하는 잠재적 위험 요소(소통, 수련, 협력, 장비의 부족, 부적절한 체계와 과정)가 최종적인 행위에 오류를 일으키는 원인으로 생각하였다.

가이드라인을 채택하고 가이드라인을 따르겠다는 의지만으로는 마취 중의 중증 기도관리 합병증을 피하기에 충분하지 않다. NAP4에 보고된 모든 이상 사례는 2004년에 발간한 DAS 가이드라인이 널리 전달되었음에도 불구하고 반복하여 발생한 것들이다. 어려운 기도관리는 복잡해서 하나의 알고리즘으로 다룰 수 없으며, 최고의 가이드라인을 숙지하고 있는 최고의 마취팀이라 해도 시스템이 잘 작동하지 않으면 이상적인 마취를 수행하기 어려울 것이다.¹⁰ 2015년 가이드라인 역시 이러한 문제점을 인정하고 있다.

응급 상황에서는 어떻게 대처할 것인가에 대한 생각으로 머리가 복잡해진다.¹¹ 이러한 인지 과부하는 의사 결정을 방해하며, 마취과 의사가 넓은 시야를 갖지 못하고 기관삽관이나 SAD 삽입과

같은 특정 행위에만 집착하게 하는 결과를 초래할 수 있다. 이번 가이드라인은 이런 위험을 감소시키기 위해 마취팀에게 '멈추고 생각하라'는 명확한 지시를 내리고 있다.

응급 기도관리 시 인지 오류(cognitive error)와 인적 요소의 영향으로 마취와 관련하여 잘못된 결정을 내릴 수 있다는 것이 최근 논의되고 있다.¹² 응급 상황에서 임상이가 인지적 도움을 받는 경우가 늘고 있는데¹³ 그 한 예로서 어려운 기도관리 시 의사 결정(decision making)을 돕기 위한 Vortex 접근법(Vortex approach)이 있다.¹⁴ 반면, 이 가이드라인에 있는 알고리즘은 응급 기도관리 상황에서의 교육과 학습을 위한 도구로 만들어진 것이지, 프롬프트(prompt, 역자 주: 긴급하거나 생각이 나지 않을 때 특정 대상을 빠르게 떠오르게 하기 위한 도구)로 이용하기 위한 목적으로 만든 것은 아니다.

응급 상황에서 어떤 계획이든 잘 수행하기 위해서는, 팀 내 모든 구성원이 이를 잘 인지하고 있어야 하고 또한 사전에 연습(리허설)을 해 두어야 한다. CICO와 같이 드문 상황에 대처하기 위한 연습은 호주·뉴질랜드 마취과 의사회의 전문 개발 필수 항목(professional development requirements)에 최근 포함된 것과 같은 시뮬레이션 훈련을 통해 할 수 있다.^{15 16} 이런 훈련을 통해 리더십, 팀 협동, 의사소통, 역할에 대한 이해 공유 등 기술 외적인 능력을 키울 수 있고, 이러한 훈련은 중환자 및 외상 치료 팀의 역량을 향상시킬 수 있음이 보고되었다.^{17 18}

마취과 의사와 마취보조자 간의 구체적인 의견 교환은 기도 확보가 어려운 상황을 준비하고 대처하는데 도움을 줄 수 있다. 모든 환자에 대해 마취 전 매번, 또는 적어도 당일 수술목록을 보면서 어려운 기도에 대비한 계획에 대하여 서로 이야기하는 것이 바람직하다. 여기에는 발생할 수 있는 문제에 대해 생각하고, 이에 관련된 적절한 장비가 있는지 확인하는 것이 꼭 포함되어야 한다.

마취 유도 후 기도유지가 어려워지는 경우 매 단계별로 실패를 명확히 선언해야 다음 단계로 신속하게 넘어갈 수 있다. 인지 과부하(cognitive overload)와 팀원 간의 수직적 체계로 의사 소통이 어려운 상황이라면, PACE[단계적 강도의 의견 전달법; 조사(probe), 경종(alert), 이의 제기(challenge), 긴급대응(emergency)]와 같은 구조화된 의사소통 도구를 사용하는 것이 도움이 될 수 있다.¹⁹

마취과 의사의 역량에 영향을 미치는 환경적, 기술적, 정신적, 생리적 인자들을 인식하고 지속적으로 다루어야 한다. 2015년도 가이드라인을 가능한 효과적으로 활용하기 위해서는 개인, 팀, 기관 수준의 모든 인적 요소에 관련된 사항들을 고려해야 한다.

수술 전 평가와 계획

기도관리는 잠재되어 있는 문제점을 수술 전에 확인할 수 있을 때 가장 안전할 수 있으며, 이는

합병증의 위험을 감소시키기 위한 일련의 계획들, 즉 전략을 수립할 수 있게 해 준다.²

수술 전 기도 평가는 안면마스크환기, SAD 삽입, 기관삽관, 목앞접근법 등을 어렵게 하는 요인들이 무엇인지를 확인하기 위해 일상적으로 시행되어야 한다.

기도관리 중 어려움이 발생할 지를 항상 예측할 수 있는 것은 아니다.²⁰⁻²² 그러므로 마취과 의사는 마취 유도 전에 삽관이 실패할 수 있는 것에 대비하여 이에 관한 전략을 가지고 있어야 하며, 이 전략은 마취 전에 팀 브리핑 및 WHO 수술 안전 체크리스트를 작성하기 전에 논의해야 한다.^{23 24} (역자 주: WHO 수술 안전 체크 리스트: <http://www.who.int/patientsafety/safesurgery/checklist/en/>)

흡인(aspiration) 위험을 평가하는 것은 기도관리 계획 중 중요한 요소이다. 수술 전에 음식과 약물을 투여하여 위 내용물의 부피와 산도를 줄이기 위한 노력을 해야 한다. 심각한 위배출 지연이 있거나, 장폐색이 있는 환자에서는 잔여 위내용물을 줄이기 위해 마취 전 및 중에 비위관을 통한 배액을 고려해야 한다.²

급속마취유도(rapid sequence induction, RSI)

커프 있는 튜브를 기관 내에 위치시키는 것은 흡인으로부터 보호하는 가장 좋은 방법이다. 석시닐콜린(suxamethonium)은 빠르게 발현하여 백-마스크 환기가 필요 없이 조기 기관삽관을 가능하게 하는 전통적인 1차 선택 신경근차단제이다. 몇몇 연구에서 RSI 시 석시닐콜린과 로큐로니움(rocuronium)을 비교하였는데, 일부에서는 석시닐콜린의 사용이 삽관 조건이 더 낫다고 하였으나 다른 보고에서는 1.2 mg/kg의 로큐로니움 투여가 석시닐콜린과 유사한 결과를 보인다고 하였다.²⁵⁻³⁰ 석시닐콜린이 유발하는 근섬유 다발수축(fasciculation)은 무호흡 동안 산소 소모를 증가시킬 수 있으므로 기도 폐쇄가 있는 경우에는 더욱 불리하게 작용할 수 있다.^{31 32} 로큐로니움의 효과를 슈가마덱스(sugammadex)로 빠르게 길항할 수 있다는 것은 장점이기는 하지만,³⁰ 슈가마덱스가 항상 기도 유지나 자발호흡을 보장하는 것은 아니라는 점을 알아야 한다.^{33 34} 삽관을 실패하여 슈가마덱스로 로큐로니움을 빠르게 길항해야 한다면 적절한 양(16 mg/kg)을 즉시 투여할 수 있어야 한다.^{35 36}

윤상연골압박(cricoid pressure)은 의식소실 시점부터 커프가 있는 기관 튜브를 거치할 때까지 기도 오염을 막기 위해 시행한다. 영국에서 윤상연골압박은 RSI때 사용하는 표준 행위이다.³⁷ 윤상연골압박은 원래 마스크환기를 하는 동안 위가 팽창되는 것을 예방하기 위한 목적으로 사용하였는데 현재 이러한 사실이 자주 간과되고 있다.^{38 39} 기관삽관 전까지 윤상연골압박을 시행하면서 부드럽게 마스크환기를 시행하면, 산소포화도가 떨어지는 시간을 연장시킬 수 있다. 이 방법은 호흡 예비력이 적거나, 패혈증, 대사 요구량이 높은 환자들에게 유용하며, 또한 환기가 용이한지 여부

를 조기에 판단할 수 있게 해 준다. 30N(Newton) 강도의 힘으로 누르면 기도 폐쇄의 위험성은 최소화하면서 적절히 기도 보호를 할 수 있지만, 의식이 있는 환자는 이 강도에 잘 견디지 못한다.⁴⁰

환자가 의식이 있는 경우 윤상연골압박은 10N의 강도로 시행해야 하며, 의식이 소실된 후에는 30N으로 시행한다.⁴¹⁻⁴² 윤상연골압박은 위식도 내용물의 역류를 물리적으로 막기도 하지만, 반대로 하부식도 괄약근의 긴장도를 감소시켜 역류를 조장할 수도 있다.⁴³⁻⁴⁴ 적당한 윤상연골압박은 직접 후두경술 시행 시 시야를 개선시킬 수 있다.⁴⁵ 그러나 윤상연골 압박이 적절하지 못하면, 마스크환기나 직접 후두경술, 또는 SAD 삽입을 어렵게 할 수 있다.⁴⁶⁻⁵² RSI 중 직접 후두경술의 첫회 시도에서 삽관의 어려움이 있다면 압박을 해제해야 한다. 압박 해제는 후두경술로 시야가 확보되고, 흡인기가 준비된 상태에서 시행한다. 만일 역류 시,⁴¹ 압박을 즉시 재 시행한다.

2세대 SAD는 1세대 SAD보다 위 내용물 흡인의 예방에 좀 더 효과적이며, RSI 시 삽관을 실패했다면, 2세대 사용이 추천된다.

Plan A. 마스크환기 및 기관삽관

Plan A의 핵심(표 1)은 기관삽관을 처음 시도할 때 성공 가능성을 최대화하고, 만약 실패했다면, 기도손상 및 CICO로 진행되는 것을 예방하기 위해 후두경술을 시도하는 횟수와 시간을 제한하는 것이다.

모든 환자를 마취 유도 전에 최적의 자세로 만들고 산소투여를 시행한다. 신경근차단은 안면마스크환기 및 기관삽관을 용이하게 해 준다.⁵³⁻⁵⁴ 모든 후두경술과 기관삽관의 시도는 기도에 손상을 줄 수 있다. 최적화되지 않은 상태에서 기관삽관을 시도하면 실패 가능성이 높아지고 매번 시행할 때마다 성공 가능성이 감소하게 된다.⁵⁵⁻⁵⁶ 기관삽관의 반복 시도는 SAD를 통한 기도구제(airway rescue)의 성공률도 감소시킬 수 있다.⁵⁷ 이 가이드라인에서는 기관삽관을 최대 3회까지 시도해보고 안되면 더 경험이 많은 동료에 한해서 4번째의 시도를 추가로 시행해 볼 수 있다. 실패했다면 기관삽관 실패를 선언하고 Plan B를 시행해야 한다.

표1. Plan A 핵심사항

- 산소공급 유지가 최우선
- 두부거상 자세 및 비만환자 경사면자세(ramping) 강조
- 모든 환자에서 마취 전 산소투여 권장
- 고위험군 환자에서는 무호흡 중 산소투여술기(apnoeic oxygenation) 권장
- 신경근차단의 중요성 강조
- 어려운 기관삽관 시 비디오후두경의 역할 인지
- 모든 마취과 의사는 비디오후두경 사용에 능숙해야 함.
- 후두경술은 최대 3회 시도 권장(3+1)
- 기관삽관이 어렵다면 운상연골압박 해제

환자의 자세

좋은 자세는 후두경술 및 기관삽관의 성공률을 최대로 높일 수 있다. 대부분의 환자에서 곡형날을 사용하는 직접후두경술에 가장 좋은 자세는 전통적인 '냄새맡는 자세(sniffing position)', 즉, 목을 굽히고 머리는 고리뒤통수관절(atlanto-occipital joint)에서 신전(extension)시키는 자세이다.⁵⁸⁻⁶⁰

비만 환자에서는 직접 후두경술의 시야를 향상시키기 위해 외이도와 흉골상부패임(suprasternal notch)이 수평으로 정렬되는 '경사면(ramped)' 자세를 취해야 한다.⁶¹⁻⁶⁴ 이 자세는 기도의 개방(patency)을 유지시키고, 호흡역학을 개선시킬 뿐만 아니라 무호흡동안 수동적 산소공급(apnoeic oxygenation)을 원활하게 한다.^{65 66}

마취 전 산소투여와 산소공급 유지를 위한 무호흡 중 술기

모든 환자는 전신마취 유도 전에 산소투여를 받아야 한다.⁶⁷ 탈질소화는 호흡장치에 100% 산소를 적절한 유량으로 공급하는 상태에서 마스크를 얼굴에 밀착시켜⁶⁸ 호기말 산소분율이 0.87-0.9가 될 때까지⁶⁹ 시행한다. 이외에도 다양한 마취 전 산소투여 술기가 알려져 있다.⁷⁰⁻⁷⁹

마취 전 산소투여는 산소예비량을 늘리고, 저산소증의 발현을 지연시키며, 후두경술, 기관삽관 및 삽관실패 시 기도구제를 위한 시간을 연장시킨다.⁶⁵⁻⁶⁹ 건강한 성인에서, 산소포화도의 감소가 없는 무호흡시간(무호흡 시작부터 말초 모세혈관 산소포화도 값이 90% 이하로 감소하는데 걸리는 시간)이 대기 호흡 시에는 1-2분 정도로 제한적이지만, 마취 전 산소투여를 시행하는 경우에는 8분까지 연장된다.⁶⁹ 비만환자에서 머리를 20~25° 들어올리는 자세⁸⁰⁻⁸¹로 지속적인 기도양압을 사용하여 마취 전 산소투여를 시행하면 저산소증의 발현시각을 늦출 수 있다.⁸²⁻⁸⁴ 무호흡기간 중 수동적으로 산소를 투여함으로써 무호흡 산소화 시간을 연장시킬 수 있다(apnoeic oxygenation). 이는 비강캐놀라(nasal cannula)를 통해 분당 15L의 산소를 공급함으로써 가능할 수 있으나 의식이 있는 환자에서는 불편할 수 있다.^{65 85 86} Nasal Oxygenation During Efforts Of Securing A

Tube(NODESAT) 연구는 비만환자와 기도유지가 어려운 환자에서 무호흡시간이 연장되는 것을 보여 주고 있다.⁸⁷ 특수 제작된 비강캐놀라를 통해 가습된 고유량의 산소(최대 분당 70L)를 투여하는 술기도 비만환자와 기도유지가 어려운 환자에서 무호흡시간을 연장시켰으나,⁸⁸ 기관삽관 전의 산소투여 방법으로서 혈중 산소화의 개선 효과는 보고에 따라 이견이 있다.^{89 90} 무호흡 산소화는 추가적인 근거자료가 기대되는 최신 연구 관심 분야이다. 고위험군 환자에서는 표준적인 마취 전 산소투여 및 안면마스크환기 외에 추가적으로 비강캐놀라를 이용한 산소투여를 권장하고 있다.

마취 유도 약물 선택

마취 유도 약물은 환자의 임상적 상황에 따라 선택한다. 영국에서 가장 흔히 사용하는 프로포폴(propofol)은 기도반사를 억제하고, 다른 약제들에 비해 기도관리 시 더 좋은 조건을 제공한다.⁹¹⁻⁹³

The 5th National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists (NAP5)는 어려운 기도관리와 환자의 각성의 연관성에 중점을 두고 있다.⁹⁴ 반복되는 삽관 시도 중 환자가 적절히 마취되어 있는지 확인하는 것이 중요하다.

신경근차단

삽관이 어려운 경우, 신경근차단이 충분히 되지 않은 상태에서 추가적인 시도는 하지 말아야 한다. 신경근차단은 기도반사를 없애고, 흉부의 유순도를 높이며, 안면마스크환기를 용이하게 해 준다.^{53 54 95} 기도관리 중 어려움이 있는 상황에서는 신경근차단이 충분히 되어 있는지 확인해야 한다.⁹⁶ 로큐로니움은 신경근차단 효과가 빨리 나타나고 슈가마텍스로 즉시 길항할 수 있다는 장점이 있지만, 다른 비탈분극성 신경근차단제에 비해 아나필락시스의 발생률이 높다.⁹⁷⁻⁹⁹

마스크환기

마취 유도 직후 가능한 빨리 100% 산소로 마스크환기를 시행해야 한다. 마스크환기에 어려움이 있으면 기도 자세를 최적화하고, 턱들기(chin lift)나 턱밀어올리기(jaw thrust)와 같은 기도관리 수기를 시행해야 한다. 구강 및 코인두 기도유지기(oral and nasopharyngeal airways) 사용을 고려하며, four-handed technique[2인 1조 또는 PCV(pressure controlled ventilation) mode 기계 환기 사용]을 사용한다.¹⁰⁰ Sniffing 자세는 인두의 공간을 넓게 해 주어 마스크환기가 잘 되도록 개선시킨다.¹⁰¹ 마취 심도가 불충분하거나 신경근차단이 부족한 경우 마스크환기가 어려울 수 있다.¹⁰²⁻¹⁰³

후두경 선택

후두경의 선택도 기관삽관의 성공에 영향을 미친다. 비디오후두경은 기존의 직접 후두경에 비해 더 좋은 시야를 제공하기 때문에 일부 마취과 의사들은 일차 선택 장비 혹은 기본 장비로 사용하고 있다.¹⁰⁴⁻¹¹³ 개선된 시야를 통해 기관삽관을 성공적으로 하기 위해서는 규칙적인 연습 및 사용이 필요하다.¹¹⁴ 모든 마취과 의사는 비디오후두경을 사용할 수 있도록 수련을 받아야 하고, 즉시 사용할 수 있는 여건이 마련되어 있어야 한다.¹¹⁵ 굴곡기관지경이나 Bonfils(Karl Storz), Shikani(Clarus Medical), Levitan FPS scope(Clarus Medical) 등과 같은 광학 속침 장비들(optical stylets)에 익숙한 마취과 의사들은 이 장비들을 더 선호할 수도 있다.¹¹⁶⁻¹²² 결론적으로 후두경 장비의 1차 및 2차 선택 결정은 마취과 의사의 경험과 수련 여부에 따라 정해질 것이다.

기관 튜브 선택

어떤 기관 튜브를 사용할지는 수술 특성에 따라 다르지만, 기관 튜브의 특성 자체가 삽관 난이도에 영향을 줄 수 있다. 튜브의 크기가 작을수록 성대 사이를 통과할 때 후두 입구가 잘 보이므로 삽관이 쉽다. 또한 작은 크기의 튜브일수록 주변 조직의 손상 가능성이 적다.¹²³ 튜브가 피열(被裂) 연골(arytenoid)에서 걸리는 현상은 대부분 튜브의 끝이 좌측 사면(left facing bevel)이기 때문이며, 이는 부지(bougie), 속침(stylet) 혹은 굴곡기관지경에 큰 사이즈의 튜브를 끼워 삽관할 때 잘 생길 수 있다.¹²⁴⁻¹²⁵ 이는, 튜브를 반 시계 방향으로 돌려 사면의 방향을 바꾸거나, 굴곡기관지경을 이용하여 기관삽관을 할 경우 굴곡기관지경에 튜브를 장착할 때 사면 방향이 뒤로 가게 하고, 튜브 내경과 굴곡기관지경의 외경 사이의 간극을 최소화하여 해결할 수 있다.¹²⁵⁻¹²⁷ 이런 문제점을 줄이기 위해 Parker Flex-tip(Parker Medical)과 같이 튜브 끝이 오무러져 있고, 덜 예리하여 유연하게 구부러질 수 있는 제품과, intubating LMA(Teleflex Medical Europe Ltd)와 함께 제공되는 실리콘 튜브 등이 고안되어 있다.¹²⁸⁻¹³²

후두경술(laryngoscopy)

이 가이드라인에서 "후두경술"은 "후두경을 구강 안에 넣는 것"으로 정의한다. 반복적 후두경술 및 기도 내 기구 조작은 삽관의 실패와 CICO 상황 발생의 위험도를 높이기 때문에, 모든 후두경술은 최적의 조건에서 시행해야 한다.^{56 133-136} 삽관이 안되면 마취과 의사의 경험 정도와 상관없이 조기에 도움을 요청해야 한다.

삽관이 어렵다면, 환자 자세, 삽관 도구나 후두경 날, 유도자(introducer)나 속침과 같은 보조기구,

신경근차단 깊이, 마취 인력 등 성공률을 개선시킬 수 있는 방법들을 점검하고 시도해야 한다. 후두경술의 시도는 3회로 제한해야 하며, 4번째 시도는 경험이 더 많은 마취과 의사에 의해 시행되어야 한다.

체외 후두 조작(external laryngeal manipulation)

마취과 의사가 오른손으로 체외 후두 조작을 시행하거나 (이후 보조자가 대신 체외 후두 조작을 하면서 마취과 의사가 튜브를 넣는다), 보조자가 방패연골을 후방 상방 및 우측으로 누르는 수기(backward, upward, rightward pressure, BURP)를 시행하면 후두경 시야를 개선시킬 수 있다.¹³⁷⁻¹⁴² 비디오후두경술의 장점은 마취 보조자도 후두 조작에 따른 결과를 볼 수 있다는 것이다.¹⁴³

부지(bougie)나 속침(stylet)의 사용

고무탄성 부지(gum elastic bougie)는 직접 후두경 사용시 후두의 시야가 grade 2 혹은 3a 일 때 삽관을 용이하게 하기 위해 널리 사용하는 기구이다.¹⁴⁴⁻¹⁴⁶ 부지의 굴곡을 미리 만들어 놓으면(pre-shaping) 성공적인 삽관을 용이하게 한다.¹⁴⁷ 또한, 부지는 비디오후두경을 사용시에도 도움이 될 수 있다.¹⁴⁸⁻¹⁴⁹ 시야가 확보되지 않은 상태에서 부지를 삽입하면 주변 조직의 손상을 일으킬 수 있으므로 후두경 시야 grade 3b 및 4에서는 권장되지 않는다.¹⁵⁰⁻¹⁵⁵ 부지 사용 중 부지를 깊숙히 밀어 넣었을 때(최대 45 cm) 저항이 있어 잘 들어가지 않는다면(hold-up sign) 부지가 작은 기관지까지 들어갔다는 징후일 수 있는데,¹⁵⁶ 이는 기도 천공 및 손상을 일으킬 위험성이 있으며, 특히 1회용 부지를 사용하는 경우(예: Frova intubating stylet) 더 위험성이 높다.¹⁵³⁻¹⁵⁷⁻¹⁵⁹ 0.8N 정도의 작은 힘으로도 기도손상을 일으킬 수 있다.¹⁵³ 1회용 부지의 사용시 위험성이 높은 것은 종류별로 부지 재료의 경도가 다르므로 기관에 가해지는 힘이 다를 수 있기 때문인 것으로 생각되고 있다.¹⁵³ 부지가 기도에 진입한 후에도 후두경을 빼지 않고 유지한 상태에서 삽관을 하면 성공률을 높일 수 있다.¹²⁹ Glidescope과 같이 각진 후두경날이 장착되어 있고 삽관 통로가 없는 비디오후두경(non-channelled videolaryngoscope)을 사용할 경우, 튜브가 성대를 통과하는 것을 보조하기 위해서는 굴곡을 미리 만들어 놓은 속침이나 부지의 사용이 필수적이다.¹⁶⁰⁻¹⁶³ 비디오후두경 사용시 기관 튜브 끝이 인후두에 들어가는 것을 직접 눈으로 확인해야 하며, 눈으로 직접 보지 않고 넣을 경우 기도손상이 발생할 수 있다.¹⁶³⁻¹⁶⁷

기관삽관과 확인

기관삽관의 어려움은 후두가 잘 안보여서 발생하는 경우가 대부분이나, 튜브가 걸리는 것과 같은 다른 요소도 삽관을 어렵게 할 수 있다.

일단 삽관이 되면 기관 내에 튜브가 정확하게 위치하고 있는지 확인해야 한다. 확인 과정에는 성대 사이에 튜브가 위치하는지 여부와 양측 흉부가 팽창하는지에 대한 시각적 확인, 그리고 청진 및 이산화탄소분압 측정 등이 포함되어야 한다. 적절한 수치로 지속되는 흡기 및 호기말 이산화탄소 분압의 파형은 폐 환기를 확인하는 최적의 방법이다. 이산화탄소분압 측정은 마취를 시행하는 모든 장소에서 사용 가능해야 한다.^{2 168}

호기 시 이산화탄소가 측정되지 않을 경우 이는 폐 환기가 안되는 것을 의미하며, 식도 삽관 혹은 완전 기도 폐색[드물게 완전 기관지경련(bronchospasm)] 때문일 수 있다.² 이 경우 식도 내 삽관을 가정하는 것이 우선적이다. 비디오후두경, 굴곡기관지경 혹은 초음파를 사용하여 기관 내 튜브의 위치가 적절한지 확인할 수 있다.¹⁶⁹⁻¹⁷¹

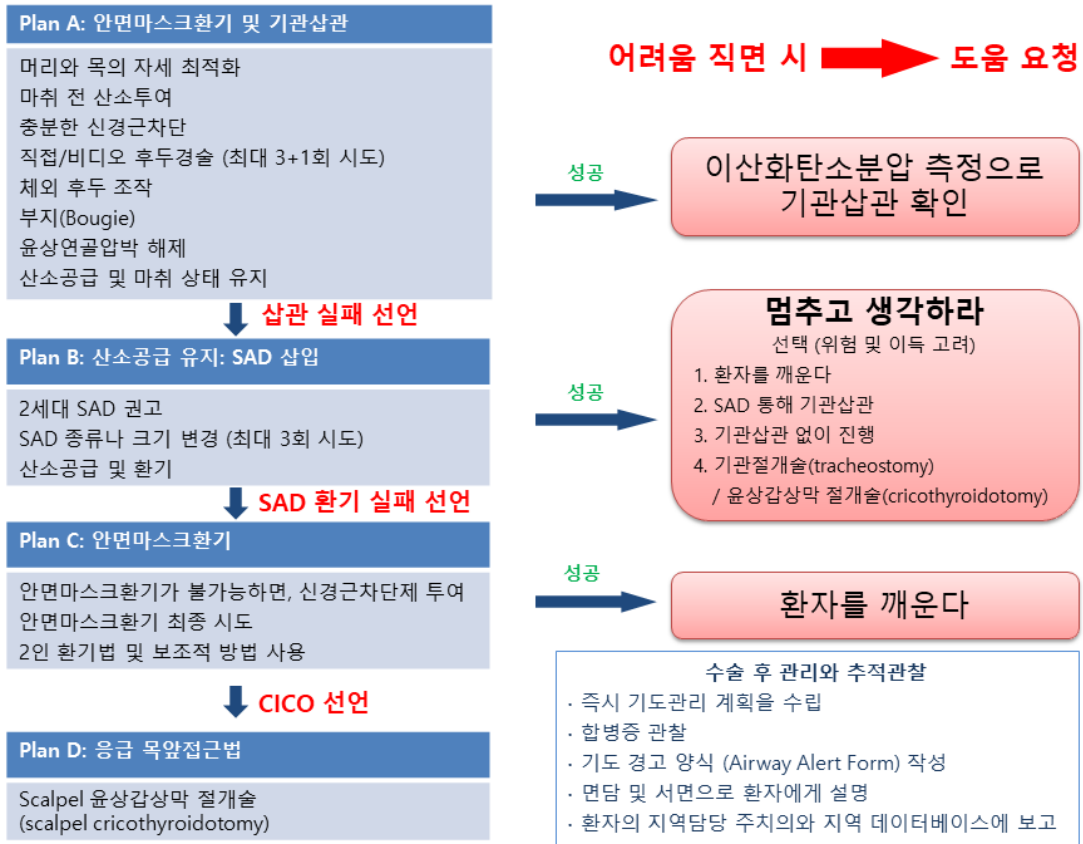
Plan B. 산소공급 유지: SAD 삽입

이번 가이드라인에서 Plan B는 SAD를 이용한 지속적인 산소공급에 중점을 두고 있다.

SAD가 성공적으로 삽입되면 환자를 깨울지, 삽관 시도를 더 할 것인지, 기관 튜브를 놓지 않고 마취를 지속할 것인지, 드물게는 바로 기관절개술이나 윤상갑상막 절개술을 시행할 것인지 등을 생각할 수 있는 여유가 생긴다.

SAD를 통한 산소공급을 최대 3번까지 시도했는데도 실패했다면 Plan C를 실시한다.

성인에서 예상치 못한 어려운 기관삽관 시 관리



이 흐름도는 DAS 2015 어려운 기관삽관 가이드라인의 일부이며 본문과 연계하여 사용해야 함

그림2. 성인에서 예상치 못한 어려운 기관삽관 시 관리. CICO, can't intubate can't oxygenate, 기관삽관 및 산소공급 불가; DAS, Difficult Airway Society; SAD, supraglottic airway device, 성문상 기도유지기.

SAD의 선택과 삽입

기관삽관의 어려움을 항상 예측할 수 있는 것이 아니므로, 모든 마취과 의사는 이러한 상황에 대처할 수 있는 계획을 갖고 있어야 한다. 기도구제 상황 시 어떤 종류의 SAD를 사용할지에 대한 것은 마취 유도 전에 미리 결정해야 하며, 이는 임상 상황, 가용한 장비 목록, 시술자의 경험 등에 따라 선택해야 한다.

NAP4의 판단에 따르면 2세대 SAD의 장점이 있기 때문에 모든 병원에서 2세대 SAD를 구비하여 일상적으로 혹은 응급 상황에서 사용하도록 권고하고 있다.² 어떤 SAD라도 삽입할 수 있는 능력과 전문성을 가지려면 수련이 필요하다.¹⁷²⁻¹⁷⁶ 모든 마취과 의사들은 2세대 SAD를 사용할 수 있어야 하며 수련을 통해 SAD가 필요할 때 즉시 사용할 수 있어야 한다.

윤상연골압박과 SAD 삽입

윤상연골압박은 하인두(hypopharynx) 공간을 좁게 만들어¹⁷⁷ 1세대 및 2세대 SAD의 삽입을 방해한다.¹⁷⁸⁻¹⁸¹ Plan A 에서 삽관이 어려웠다면 윤상연골압박을 이미 해제하였을 것이며, 역류가 없었다면 SAD를 삽입하는 중에 윤상연골압박을 하지 말아야 한다.

2세대 SAD

1세대와 비교하여 2세대 SAD의 효능과 안정성이 향상되었기 때문에 이를 상용해야 한다는 논의가 된 바 있다.¹⁸² 지금까지 여러 종류의 2세대 SAD가 개발되었으며,¹⁸³⁻¹⁹¹ 이 가이드라인이 유지되는 동안에도 유사한 것들이 더 개발될 것이다.

기도구제를 위한 이상적인 SAD의 특성으로는 높은 첫회 삽입 성공률, 높은 밀봉압(seal pressure), 위장관과 기도의 분리, 굴곡기관지경 유도하 기관삽관의 적합성 등이 있다. 이러한 특성들은 각각의 장비에서 다양하게 구현되어 있다.¹⁸² 현재 가용한 것 중 i-gel(Intersurgical), Proseal LMA(Teleflex Medical Europe Ltd, 이하 PLMA), LMA Supreme(Teleflex Medical Ltd, 이하 SLMA) 세 종류는 그간 대규모의 연구,¹⁹²⁻¹⁹⁵ 문헌 고찰(literature review),¹⁹⁶ 성인에서의 메타분석¹⁹⁷⁻²⁰⁰ 등을 통해 널리 알려져 있으며, 2세대 SAD를 비교한 연구들 또한 많이 보고되어 있다.²⁰¹⁻²²⁴ 각 기기의 특성 외에 해당 기기에 대한 시술자의 경험 또한 삽입 성공률에 영향을 미친다는 것을 알고 있어야 한다.²²⁵

삽입 시도 횟수 제한

SAD 삽입의 반복적인 시도는 기도손상의 가능성을 증가시키고, 한편 이와 같은 반복 시도는 실패를 인정하고 산소화를 유지하기 위한 다른 단계로의 진행을 지연시킬 수 있다.

성공적인 삽입은 첫 번째 시도에서 이루어질 가능성이 높다. 한 연구에 따르면, PLMA의 삽입 성공률은 첫 번째 시도에서 84.5%였고, 네 번째 시도에서 36%로 감소하였다.¹⁹³ Goldman과 동료의 연구에서는¹⁹⁴ 4.2%만이 세 번째 또는 네 번째 시도에서 성공하였다. 3개의 연구에서 세 번째 삽입 시도는 총 성공률을 5% 이상 올린다고 보고하였으나, 한 연구는 거의 경험이 없는 시술자가 시행한 것이었고, 다른 두 연구는 Baska® mask(Baska Versatile Laryngeal Mask, Pty Ltd, Strathfield, NSW, Australia)를 사용한 것이었다.^{189 214 226} 다른 종류의 SAD로 변경하여 사용했을 때 성공한 경우도 있다.^{192 193 211 216 218 223 224} SAD를 삽입할 때 최대 세 번까지만 시도하는 것이 권장된다. 두 번은 선호하는 2세대 SAD로, 나머지 한 번은 대체할 수 있는 다른 종류의 SAD로 시도할 수 있다.

SAD 크기를 바꾸는 것도 시도 횟수에 포함된다.

SAD조차 실패할 수 있다.^{227 228} 세 번의 시도에도 불구하고 효과적인 산소화가 되지 않는다면, Plan C를 시행하여야 한다.

표2. Plan B 핵심 사항 (성문상 기도유지기, supraglottic airway device, SAD)

- 기관삽관 실패를 선언
- SAD를 통한 산소공급을 강조
- 2세대 SAD를 권고
- SAD 삽입 시도는 최대 3회
- 급속마취유도(rapid sequence induction, RSI) 동안
윤상연골압박은 해제하여 SAD 삽입을 용이하게 함
- 후두를 보지 않는 상태에서 SAD를 통한 기관삽관은 권장 안 함

유도하 SAD 삽입

부지를 PLMA의 흡인구(drain port)에 넣어 식도에 거치해 놓고 하는 부지 유도하 PLMA 삽입 방법이 첫 시도의 거치 성공률을 더 높이는 것으로 보고되었다.²²⁹ 비교 연구들에서 부지 유도하 삽입법은 손가락이나 전용 삽입보조기(PLMA introducer)를 사용하는 방법보다 더 효과적이었으며, 첫 시도에서 100% 삽입에 성공했다.^{230 231} 부지 유도하 삽입은 전용 삽입보조기를 사용하는 방법에 비해 흡인구의 정렬을 식도와 잘 맞출 수 있고, 굴곡기관지경 사용시 성대가 더 잘 보인다는 장점이 있다.²³²

부지 유도하 삽입법을 소개한 연구들에서 어려운 기관삽관 과거력이 있는 환자나 기도관리의 어려움이 예상되는 환자는 시험대상에서 제외되었으므로, 이 방법이 어려운 기도관리 상황에서 얼마나 효과적인지는 불확실하다. 부지 유도하 삽입법은 경추보호대(hard collar)를 착용시켜 어려운 기도 상황을 가정한 환자에서 효과적이었으나,²³³ 이 연구 역시 기도관리의 어려움이 예상되는 환자들은 시험대상에서 제외하였다. 십이지장관 튜브(duodenal tube) 유도하 삽입법을 i-gel과 PLMA 간에 비교한 연구²³⁴에서 두 기구 모두 첫 시도 삽입 성공률이 97%보다 높았다. 3000명의 산과 환자들에서 위관 튜브(gastric tube)는 PLMA 거치를 용이하게 하기 위해 효과적으로 사용되었다.²³⁵ 2세대 SAD를 거치할 때, 부지 유도하 삽입법과 위관튜브 유도하 삽입법은 분명한 장점이 있으나, 그렇다고 성공률이 보장되는 것은 아니다.^{193 221} 유도하 SAD 삽입법은 경험을 필요로 하고, 손상을 일으킬 수 있는 가능성이 있다.¹⁵⁰ 이 술기는 현재 PLMA 사용 설명서에 포함되어 있지 않다.²³⁶

SAD의 성공적인 삽입과 효과적인 산소투여의 확보: '멈추고 생각하라'

환기를 확인하기 위해 임상 관찰과 함께 호기말 이산화탄소분압을 측정해야 한다. SAD를 통해 효과적인 산소투여가 이루어진다면, 마취팀은 하던 일을 멈추고 가장 적절한 행동 방침을 생각할 시간을 가질 것을 권장한다.

네 가지의 선택권이 있다: 환자를 깨운다; 굴곡기관지경을 사용하여 SAD를 통해 기관삽관을 시도한다; SAD를 사용한 채 수술을 진행한다; (드물게) 기관절개술이나 윤상갑상막 절개술을 시행한다.

환자 요인, 수술의 응급 정도, 시술자가 가진 술기 능력 모두 결정에 영향을 미치지만, 기본적인 원칙은 흡인의 위험을 최소화하면서 산소공급을 유지해야 한다는 것이다.

환자를 깨우기

수술이 아주 급한 것이 아니라면 가장 안전한 선택은 환자를 깨우는 것이며, 가장 먼저 고려되어야 한다. 이는 신경근차단의 완전한 길항을 필요로 한다. 로큐로니움이나 베큐로니움(vecuronium)을 사용한 경우에는 슈가마덱스가 적절한 길항제이다. 다른 종류의 비탈분극성 신경근차단제를 사용한 경우에는 신경근차단이 길항될 때까지 마취를 유지해야 한다. 환자를 깨운 후에는 수술을 미루거나, 각성하 삽관(awake intubation)을 한 후 또는 부위마취 하에 수술을 재개할 수도 있다.

환자를 깨우는 것이 적절하지 않다면(예를 들어, 중환자실 내, 응급실 내, 또는 life-saving surgery를 즉시 진행해야 하는 경우), 다음과 같은 방법을 생각해 보아야 한다.

SAD를 통한 기관삽관

SAD를 통한 기관삽관은 임상 상황이 안정되고, SAD를 통한 산소투여가 가능하고, 마취과 의사가 이 방법에 수련이 되어 있을 때에 시행한다. 기도 중재술(airway interventions)의 횟수를 제한하는 것이 안전한 기도관리의 핵심 원칙이며, 따라서 SAD를 통한 반복적인 삽관 시도는 하지 말아야 한다.

Intubating LMA(intubating laryngeal mask airway, iLMA™; Teleflex Medical Ltd)를 통한 기관삽관은 2004년도 가이드라인에 수록되어 있다. 맹목적 삽관(blind technique)은 1100명의 환자에서 95.7%의 성공률이 보고되었지만,²³⁷ 굴곡기관지경을 사용하면 첫 번째 성공률이 높아지며,^{238 239} 이와 같이 굴곡기관지경을 사용하는 방법은 어려운 기도 환자에서 이점이 있다.²⁴⁰ 맹목적 삽관은 심각한

유해 결과를 초래할 가능성이 있다.²⁴¹ 맹목적 삽관은 성공을 위해 반복적인 삽입 시도가 필요한 점²³⁸과 첫 번째 시도에서의 낮은 성공률^{240 242} (2세대 LMA를 사용할 때조차도²⁴³) 때문에 가능하면 시도하지 말아야 한다.

여러 종류의 SAD를 통한 굴곡기관지경 유도하 삽관은 많이 보고되어 있지만, 실제 기술적인 어려움이 있다.²⁴⁴⁻²⁴⁸ 한편, i-gel을 통한 굴곡기관지경 유도하 삽관은 성공률이 높은 것으로 보고되었다.^{249 250} 기관삽관이 용이하도록 특별하게 설계된 2세대 SAD들도 기술된 바 있지만,^{190 251 252} 그 유용성에 대한 데이터는 아직 제한적이다.

굴곡기관지경 유도하 삽관이 불가능한 경우, Aintree Intubation Catheter™(AIC; Cook Medical, Bloomington, USA)에 굴곡기관지경을 통과시켜 놓고 하는 방법이 SAD를 통한 유도 삽관을 가능하게 해 준다.^{248 253} 이 기술은 DAS 웹사이트에 기술되어 있다.²⁵⁴ Classic LMA를 통해 AIC를 사용하여 128명의 환자에게 93%의 성공률을 보였으며,²⁵⁵ 이 환자들에서 직접 후두경술을 시행하였을 때 Cormack and Lehane view가 3등급 또는 4등급인 환자들이 90.8%였고, 3명의 환자는 마스크환기가 불가능한 상태였다. AIC 유도하 삽관은 PLMA^{256 257}와 i-gel²⁵⁸에서도 기술되었다. AIC 유도하 삽관은 LMA Supreme™에서도 보고되어 있기는 하나²⁵⁹ 기관내로의 AIC 거치의 어려움 때문에²⁶⁰ 권장되지 않고 있다.²⁶¹

SAD 를 사용하며 수술 진행

이 방법은 매우 위험할 수 있으므로 아주 특별한 경우이거나, 당장 생명이 위독한 상황인 경우를 제외하고는 보류해야 하며, 이 경우에는 중진 임상 의(senior clinician)가 참여해야 한다. 기도는 수차례의 삽관 시도로 이미 손상을 받았을 수 있고, SAD의 위치 이탈(dislodgement), 역류, 기도 부종, 또는 수술 요소 등으로 인하여 수술을 진행하는 동안 악화될 수 있다. 기관삽관이 이미 실패한 것을 인지한 상황에서는 선택할 수 있는 방법은 제한적일 수 밖에 없다.

삽관이 실패한 후 환자를 깨우는 것이 마취과 의사에게 최선의 선택일 수 있으나, 환자의 상태가 안 좋은 상황에서는 깨우는 것이 최선의 결정이 아닐 수도 있다.^{241 262}

기관절개술이나 윤상갑상막 절개술로의 진행

드문 상황으로서 SAD를 통한 환기가 가능할지라도, 기관절개술이나 윤상갑상막 절개술을 시행하여 기도를 확보하는 것이 적절한 경우가 있을 수도 있다.

Plan C. 안면마스크환기의 마지막 시도

세 번의 SAD 삽입 시도에도 환기가 제대로 되지 않으면, Plan C(표3)를 바로 시행한다. 이 단계에서 여러 가능한 상황들에 대처해야 한다. Plan A와 Plan B 동안 안면마스크환기가 쉬운지, 어려운지, 불가능한지가 밝혀졌을 것이고, 삽관 시도와 SAD 거치 시도로 기도가 손상을 입었다면 상황이 변했을 수 있다.

안면마스크환기로 적절히 산소화가 이루어 진다면, 예외적인 상황을 제외한 모든 경우에 환자를 깨워야 하며, 이는 신경근차단의 완전한 길항을 필요로 한다. 안면마스크를 사용하여 산소투여를 유지할 수 없다면, 치명적인 저산소증이 발생하기 전에 충분한 신경근차단을 시키는 것이 Plan D로 진행하지 않고 기도 확보를 해 볼 수 있는 마지막 기회일 수 있다.

슈가마텍스는 CICO 상황에서 신경근차단을 길항하는 데에 사용되나, 완전한 기도 확보를 보장하는 것은 아니다.^{34 263-266} 길항이 되더라도 잔류 마취, 손상, 부종, 이미 존재하던 상기도 질환 모두 기도 폐쇄의 원인이 될 수 있다.³³

표3. Plan C 핵심사항 (기관삽관 및 산소공급 불가, can't intubate can't oxygenate, CICO; 성문상 기도유지기, supraglottic airway device, SAD)

- SAD 환기 실패를 선언
- 안면마스크로 산소공급 시도
- 안면마스크환기가 불가능하면 신경근차단제 투여
- 안면마스크환기가 가능하면 산소공급을 유지하면서 환자를 깨움
- CICO 선언을 하고 Plan D 가동
- 안면마스크, SAD, 비강캐놀라를 통한 산소공급 시도를 지속

Plan D. 응급 목앞접근법(emergency front-of-neck access)

CICO 상황은 기관삽관, 안면마스크환기, SAD로 기도를 확보하려는 시도가 실패했을 때 발생한다(표4). 상황이 빠른 시간내에 해결되지 않으면, 저산소성 뇌손상과 사망이 일어날 수 있다.

목앞접근법에 대한 근거는 보통 병원 밖이나 응급실에서 인체모형, 시체, 동물실험실 시설(wet lab facilities)을 사용한 시나리오기반 훈련이나 증례보고들을 통해 보고되었다.²⁶⁷⁻²⁷² 그러나 이들 중 어떤 것도 병원에서 마취과 의사가 전신마취를 시행하면서 마주치는 상황을 완벽하게 모사하지는 못한다.

NAP4는 전신마취 중 기도를 확보하려는 다른 방법들이 실패했을 때, 외과적 응급기도술 (emergency surgical airways)과 캐놀라를 이용한 윤상갑상막 절개술을 시행한 코호트에 대해 언급하였다.² 이 보고는 많은 문제점들을 조명하였는데, 이는 의사결정(윤상갑상막 절개술로 진행하는데에 지연), 지식격차(가용한 장비의 사용법을 알지 못함), 시스템 미비(특정 장비를 사용할 수 없음), 술기 부족(기도에 캐놀라를 위치시키는 것을 실패함) 등을 포함하고 있다.

NAP4 이후 기도구제가 실패한 상황에서 사용한 기술과 장비의 선택에 대해 주로 논의가 집중되었으나, NAP4는 인적 요인의 중요성에 대해서도 조명하였다.^{2 273-275}

응급 목앞접근법이라는 술기를 강화하고 유지하기 위해서는, 기술과 비 기술이라는 두 가지 요소에 있어서 정기적인 수련이 필요하다. 성공은 의사결정, 계획, 준비 및 기술 습득도에 따라 결정되며, 이것들은 반복적인 연습을 통해 발전되고, 개선될 수 있다.^{276 277} 스트레스 상황에서는 인지처리와 행동기능이 저하된다. 기도구제 시 친숙한 장비와 반복해서 연습했던 기술을 이용한 단순한 계획이 성공 확률을 높일 것이다. 현재까지의 근거들을 볼 때 외과적 접근법이 이러한 기준들을 가장 잘 충족시키는 것으로 보여진다.^{2 269 273 278}

윤상갑상막 절개술은 scalpel이나 캐놀라 접근법으로 수행할 수 있다. 마취과 의사들은 scalpel 접근법을 반드시 배워야 하며, 기량 유지를 위해 정기적인 수련을 받아야 한다.²⁷⁹

표4. Plan D 핵심사항 (기관삽관 및 산소공급 불가, can't intubate can't oxygenate, CICO)

- CICO 선언 및 목앞접근법 진행 선언
- 표준화된 수련을 위해 교육용 scalpel technique이 채택됨
- 윤상갑상막을 통해 넓은 내경의 커프 있는 튜브를 거치하면 표준적인 호흡장치를 통한 정상적 분당 호흡이 용이함.
- 좁은 내경의 캐놀라를 통해 고압 산소공급을 하는 것은 심각한 합병증과 연관
- 모든 마취과 의사는 수술적 기도 확보술을 수련 받아야 함
- 수련은 규칙적으로 반복하여 기량유지를 보장해야 함

Scalpel 윤상갑상막 절개술 (scalpel cricothyroidotomy)

Scalpel을 이용한 윤상갑상막 절개술은 응급 상황에서 기도를 확보하는 가장 빠르고 신뢰할 수 있는 방법이다.^{269 278 280} 기관내에 커프가 있는 튜브는 흡인으로부터 기도를 보호할 수 있으며, 호기를 원활하게 해주고, 일반적인 호흡기를 이용한 환기 및 호기말 이산화탄소분압의 감시를 가능하게 해 준다.

여러 가지 외과적 접근법이 보고되고 있으나 어느 방법이 더 우월한가에 대한 근거는 아직 부족

하다.^{268 281-283} 이 술기들이 공통적으로 갖는 단계적 과정은 다음과 같다: 목의 신전, 윤상갑상막 확인, 피부와 윤상갑상막의 절개, 커프 있는 기관 튜브 삽관의 순이다. 일부 방법에서는 피부와 윤상갑상막을 차례로 절개하고, 다른 일부에서는 한 번에 절개하는 것을 권고하기도 한다. 많은 방법에서 튜브가 삽관될 때까지 절개부를 벌려 둘 수 있는 고정기(placeholder)를 사용한다. 일부 의사들은 전문장비(cricoid hook, tracheal dilators 등)를 사용하기도 한다.

윤상갑상막까지 한 번에 절개하는 방법이 간편성 측면에서는 이점이 있으나, 이 방법은 환자가 비만하거나 해부학적으로 어려운 경우 실패할 수 있으며, 이러한 경우에 수직 피부절개가 권장된다. 이번 가이드라인에서 권장되는 접근법은 기존에 기술된 방법들을 수정한 것이다.

목앞접근법을 통한 기도구제는 완전한 신경근차단 상태가 아닌 경우에는 시도하지 말아야 한다. 기도 확보를 시도하던 중 이미 슈가마덱스를 투여했다면 로큐로니움이나 베큐로니움 이 아닌 다른 신경근차단제를 사용해야 한다.

SAD나 완전하게 밀착시킨 안면마스크 또는 비강 캐놀라를 이용하여 시술 내내 100% 산소를 상기도에 공급해야 한다.

시술의 첫 단계로서 Levitan²⁸¹이 기술한 '후두악수법(laryngeal handshake)'을 권장한다(그림 3). 그 이유는 이를 통해 목뿔뼈(hyoid), 방패연골(thyroid cartilage) 및 윤상연골(cricoid cartilage)로 구성되는 원추형 연골 케이지인 후두의 3차원적 해부학적 구조 확인에 도움이 되기 때문이다. 후두악수법은 주로 사용하지 않는 손으로 목뿔뼈와 방패연골을 확인하고, 엄지와 중지 사이에 후두를 고정된 뒤, 검지로 목을 따라 내려가면서 윤상갑상막을 촉지한다.

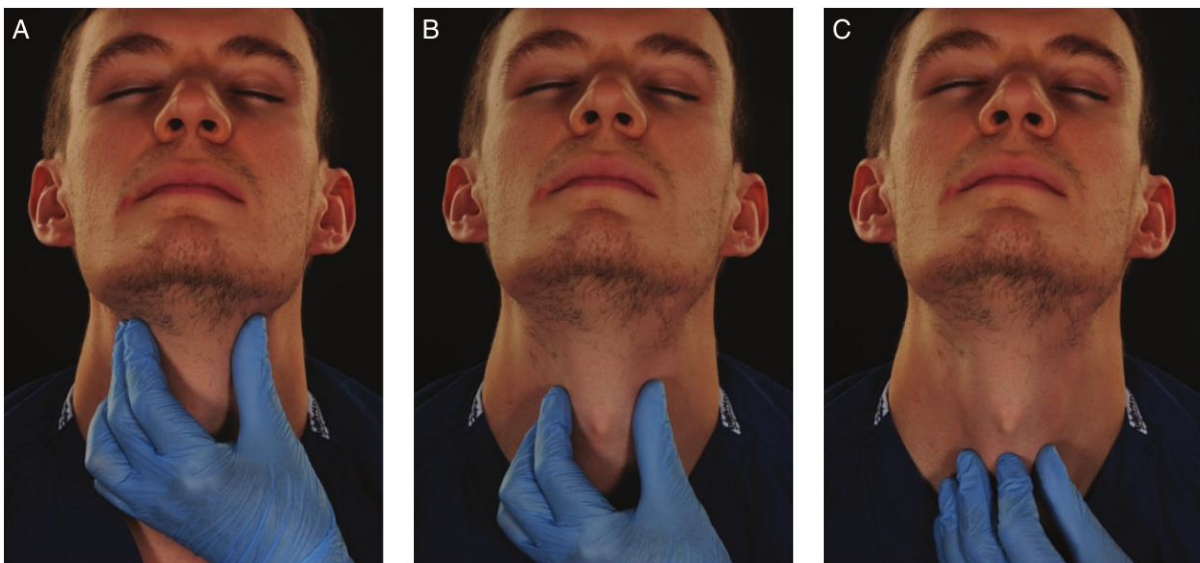


그림 3. 후두악수법(laryngeal handshake). (A) 검지와 엄지로 후두의 맨 위(greater cornu of the hyoid bone)를 잡고 양 옆으로 움직여 본다. 후두의 뼈와 연골은 원추형으로, 기관과 연결된다. (B) 손가락과 엄지로 thyroid laminae를 따라서 내려간다. (C) 중지와 엄지는 윤상연골(cricoid cartilage)에 놓고 검지로 윤상갑상막(cricothyroid membrane)을 촉지한다.

표준화는 드물게 발생하는 위기 상황에서 유용하기에 아래에 기술한 접근법을 채택하기를 권장한다. 이 접근법을 위해서는 적절한 장비를 즉각 사용할 수 있어야 한다. 시술자의 위치와 손의 고정이 중요하다.

준비물

1. 10번 블레이드를 끼운 scalpel. 넓은 블레이드(기관 튜브와 같은 너비)가 필수적이다.
2. 끝이 굽은(coude tip) 부지
3. 내경 6.0 mm의 커프 있는 튜브

환자 자세

기도관리를 위해 일반적으로 사용하는 sniffing position은 윤상갑상막 절개술에는 부적절하며, 이를 시행하기 위해서는 목신전(neck extension)이 필요하다. 응급상황에서는 환자의 어깨 밑으로 베개를 놓거나, 수술대의 머리 부분을 꺾어 내리거나, 환자의 머리가 카트 상단에서 바닥으로 늘어지도록 환자를 끌어 올려 자세를 취할 수도 있다.

윤상갑상막이 만져지는 경우: Scalpel 접근법 (그림 4. 찌르기, 돌리기, 부지, 기관 튜브)

1. 보조자는 상기도를 통해 산소공급 시도를 계속한다.
2. 시술자가 오른손 잡이인 경우 환자의 왼쪽편에 서고, 왼손잡이인 경우 반대편에 선다.
3. 후두 구조를 확인하기 위해 후두약수법을 시행한다.
4. 왼손으로 후두를 고정시킨다.
5. 왼손 검지로 윤상갑상막을 확인한다.
6. 오른손으로 10번 블레이드가 장착되어 있는 scalpel을 쥐고, 칼날이 시술자를 향하게 하여 피부와 윤상갑상막을 횡으로 절개한다.
7. 피부에 수직 상태를 유지한 채로 scalpel을 90도 돌려 칼날 방향이 발쪽을 향하도록 한다.

8. 손을 바꾸어 왼손으로 칼대를 쥐는다.
 9. 견인력을 부드럽게 유지하되 왼손에 쥐는 scalpel을 시술자 방향으로 당기면서 scalpel 손잡이 부분은 피부에 수직 상태를 유지하고 기울지 않게 한다.
 10. 오른손으로 부지를 집어 든다.
 11. 바닥과 평행하면서 기관에는 수직이 되게 부지를 잡은 채로 그 굽은 끝부분을 시술자 반대편의 칼날면을 따라 기도 내로 밀어 넣는다.
 12. 부지를 돌려 환자의 기관과 방향을 맞춘 후 10-15 cm까지 부드럽게 전진시킨다.
 13. Scalpel을 제거한다.
 14. 왼손으로 기관을 고정하고 피부를 당긴다.
 15. 부지를 따라 윤활제를 바른 내경 6.0 mm 커프 있는 기관 튜브를 밀어 넣는다.
 16. 부지 위로 튜브를 전진시킬 때는 튜브를 회전시키며 넣는다. 과도하게 넣어 기관지내 삽관(endobronchial intubation)이 되지 않도록 한다.
 17. 부지를 제거한다.
 18. 커프에 공기를 주입하고, 이산화탄소분압을 측정하여 환기를 확인한다.
 19. 튜브를 고정한다.
- 이 방법이 실패하였을 경우 다음의 scalpel-손가락-부지 접근법을 시행한다.

윤상갑상막이 만져지지 않는 경우: Scalpel-손가락-부지 접근법

이 방법은 윤상갑상막을 촉지할 수 없거나 다른 접근법들이 실패했을 경우 적용한다.

장비 및 환자와 시술자의 자세는 scalpel 접근법과 같다(그림 5).

1. 보조자는 상기도를 통해 산소공급 시도를 계속한다.
2. 후두약수법을 이용하여 후두의 해부학적 구조 확인을 시도한다.
3. 초음파를 즉시 사용할 수 있다면 정중선과 주요 혈관들을 확인하는데 도움이 될 수 있다.
4. 왼손으로 피부를 당긴다.

5. 발에서 머리 방향으로 8-10 cm의 정중앙 수직 절개를 시행한다.
6. 양손 손가락을 이용하여 비절개박리를 실시해 조직을 분리한 후 왼손으로 후두를 고정한다.
7. 위에서 기술한 'scalpel 접근법'으로 진행한다.

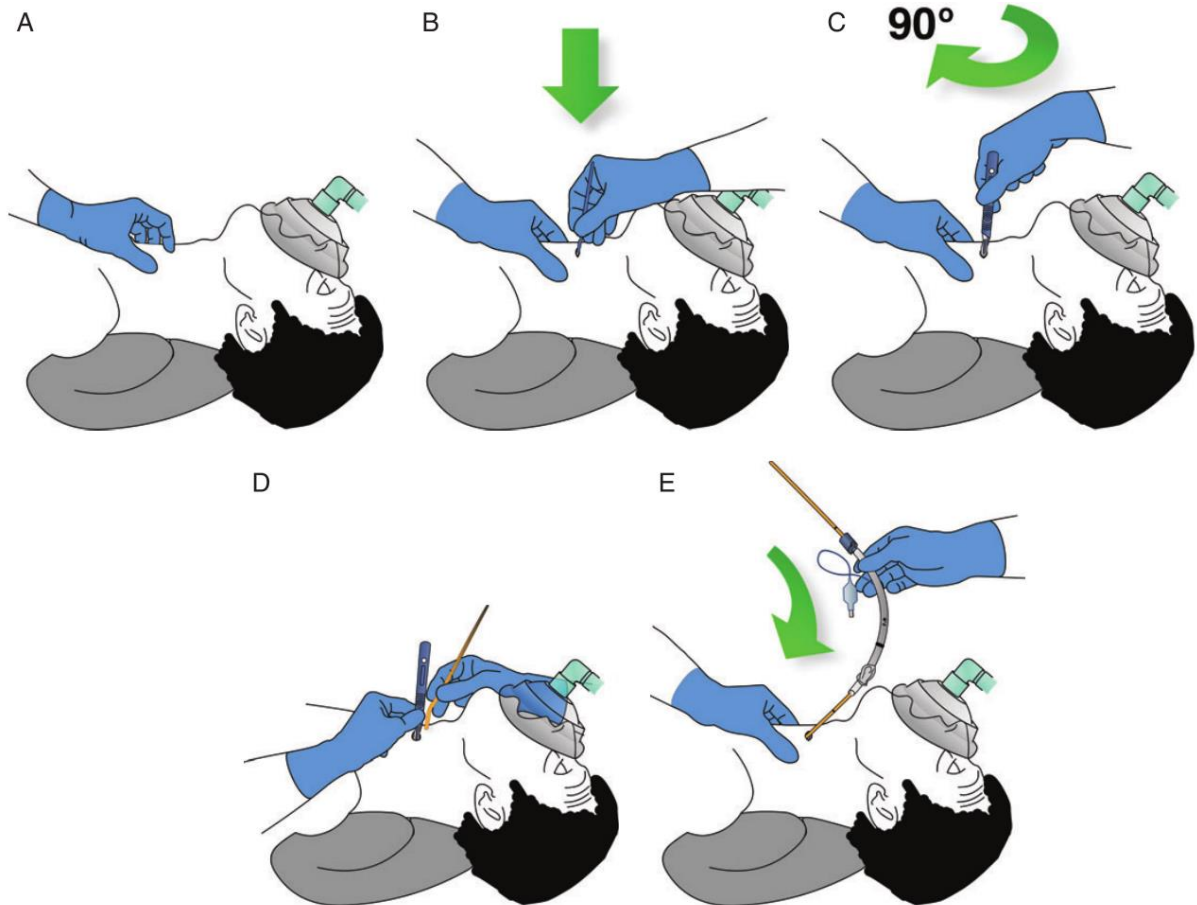


그림 4. 윤상갑상막 절개술(cricothyroidotomy) 기술법. 윤상갑상막이 촉지될 때: scalpel technique; '찌르기, 돌리기, 부지, 기관 튜브'. (A) 윤상갑상막을 확인한다. (B) 가로방향으로 찢어 절개하여 윤상갑상막을 뚫는다. (C) Scalpel을 돌려 날 방향이 발 쪽을 향하게 한다. (D) Scalpel을 시술자 쪽으로 당겨 절개 부위가 열려 있게 하고, 부지의 굽은 끝을 칼날을 따라 넣는다. (E) 기도 내로 부지를 따라 튜브를 넣는다.

부지에 끼워지는 더 작은 크기의 컵 있는 튜브(Melker 포함)도 사용할 수 있다는 것을 기억하라. 부지는 부드러운 압력으로 전진시켜야 하며, 부지가 기관연골(tracheal ring) 위로 미끄러져 들어가면서 딸깍(click) 걸리는 느낌이 날 수 있다. 5 cm 미만에서 부지가 더 이상 밀어 넣어지지 않으면 부지가 기관 내로 들어가지 않았음을 의미한다.

신경근차단된 마취 환자에서 CICO 상황

도움 요청



100% 산소 지속
CICO 선언

Plan D: 응급 목앞접근법

상기도에 산소공급 지속
신경근차단 확인
목은 신전 자세로

Scalpel 윤상갑상막 절개술 (scalpel cricothyroidotomy)

- 준비물: 1. Scalpel (10번 블레이드)
 2. 부지(bougie)
 3. 기관튜브 (커프 있는 내경 6.0 mm)

후두약수법 (laryngeal handshake)으로 윤상갑상막(cricothyroid membrane) 확인

윤상갑상막 촉진 가능

가로 방향으로 찢어서 절개해 윤상갑상막 뚫기
 블레이드를 90도 돌림(블레이드 방향이 발쪽으로 향하도록)
 칼날을 따라 부지의 끝을 기관 내로 밀어넣음
 기도 내로 윤활해 놓은 6.0 mm 기관 튜브를 밀어넣음
 환기 시작, 커프에 공기를 주입하고 이산화탄소분압 측정
 튜브 고정

윤상갑상막 촉진 불가

발에서 머리 방향으로 세로 8~10 cm 수직 피부 절개
 양손 손가락으로 비절개 박리하여 조직 분리
 후두를 확인하고 고정
 상기 기술한 윤상갑상막 촉진 가능 시 술기로 진행

수술 후 관리와 추적관찰

- 즉각 생명을 위협하는 경우가 아니면 수술 연기
- 윤상갑상막 절개술 부위의 외과적 검토
- 시행한 것에 대한 기록 및 추적관찰

이 흐름도는 DAS 2015 어려운 기관삽관 가이드라인의 일부이며 본문과 연계하여 사용해야 함

그림5. 신경근차단된 마취 환자에서 CICO 상황. Scalpel 윤상갑상막 절개술 시술법. CICO, can't intubate can't oxygenate, 기관삽관 및 산소공급 불가.

캐놀라 접근법

좁은 내경(<4 mm) 캐놀라

캐놀라 접근법은 2004년 가이드라인에 포함되어 있었고, 이 방법은 마취과 의사들이 scalpel 보다 캐놀라에 훨씬 더 친숙하다는 점을 포함한 여러 가지 이유로 지지를 받아 왔다. 익숙하지 않은 Scalpel 사용을 망설이는 것이 의사결정을 지연시킬 수 있음에 반해, 캐놀라 접근법은 금방 시술할 수 있으므로 scalpel 방법을 사용하는 것에 대한 논쟁이 있어 왔다.²⁶⁸

좁은 내경의 캐놀라로 시술하는 것은 계획된 상황에서는 효과적이지만, 한편 이 방법은 제한점이 있다.^{2 284 285} 좁은 내경의 캐놀라를 사용하는 경우 고압을 사용해야만 환기를 시킬 수 있으므로, 이는 압력손상을 일으킬 수 있다.^{2 268 286} Ravussin™(VBM, Sulz, Germany)과 같이 특수 제작된 캐놀라조차도 꺾임이나 위치 이상, 위치 변동에 따른 환기 실패가 발생할 수 있다.^{2 268} 고압 환기기(jet ventilator)는 모든 장소에 다 구비되어 있지 않으며, 또한 대부분의 마취과 의사는 이것을 정기적으로 사용하지 않는다. CICO 상황에서 고압환기기의 사용은 이 기기의 사용경험이 있는 의료진에 의해서만 사용되어야 한다.

살아있는 동물 모델을 이용한 임상 상황과 매우 유사한 시뮬레이션 수련 프로토콜을 시행해 본 결과 기도구제 프로토콜 교육이 역량을 향상시킬 수 있다는 점을 시사하고 있다.²⁸⁷ 동물 모델을 이용한 시뮬레이션은 출혈을 유발시킬 수 있고, 실시간으로 스트레스를 줄 수 있고, 성공과 실패를 단정할 명확한 단서(호기말 이산화탄소분압, 저산소증으로 인한 심정지)를 제공한다는 장점이 있다. 이 교육에 참여한 10,000 명이 넘는 임상 의사들이 마취된 양에게 성대밑 접근법(infraglottic access)을 시행하는 것을 관찰한 후,^{268 288} Heard는 14 gauge Insyte™(Becton, Dickinson and company) 캐놀라를 이용한 성대밑 시술법을 권장하였다. 14 gauge에 Y-piece를 연결하여 한 쪽에는 산소를 주입하고 다른 한쪽은 내경을 크게 하여 배기의 목적으로 사용하였다(Rapid O2™ Meditech Systems Ltd UK). 이 후 Melker 와이어 유도 키트를 사용한 커프 있는 기관 튜브를 삽입하였다. 이 방법에 대한 표준화된 수련을 위해 알고리즘, 교육 프로그램, 평가 도구 및 다양한 비디오 시리즈가 개발되었다.²⁸⁷ 그러나 이와 같이 캐놀라를 이용한 성대밑 시술법을 사람에게 보편적으로 사용하기 위해서는 아직 더 추가적인 연구가 필요하다.

가이드 와이어를 통한 넓은 내경의 캐놀라 사용

Cook Melker® 응급 윤상갑상막 절개술 세트와 같은 넓은 내경 캐놀라 키트는 와이어 유도(셀딩거법) 시술법을 사용한다.²⁸⁹ 이 방법은 수술적 윤상갑상막 절개술보다는 덜 침습적이면서 또한 특수 환기 장비가 필요하지 않다. 이 술기는 중심정맥관 삽입 및 경피 기관절개술을 흔히 하고 있는

마취과 의사와 중환자 전담의에게 친숙하다. 그러나 이 방법은 섬세한 조작이 필요하므로 스트레스가 심한 상황에서는 적합하지 않다. 와이어 유도 시술법에 익숙한 마취과 의사에게는 적절한 대안이 될 수도 있겠으나, 학술적 근거들은 수술적 윤상갑상막 절개술이 빠르고 확실한 방법임을 제시하고 있다.²⁸⁸

넓은 직경의 캐놀라를 이용한 비셀딩거 방법

기도구제를 위해 트로카를 사용해서 시행하는 넓은 내경의 캐놀라 기구는 현재 몇 가지가 상용화되어 있다. CICO 상황에서 성공적인 사용이 보고되기는 했으나, 현재 임상에서 이 기구에 관한 대규모 연구는 되어 있지 않다.²⁷⁵ 시중에 출시되어 있는 제품이 다양한 것도 문제이다. 이와 같이 보편적으로 사용되고 있지 않은 장비에 대해 친숙해진 것이 수련의 표준화를 어렵게 한다.

초음파의 역할

수술전 평가에서 기관과 윤상갑상막을 확인하려는 시도는 바람직하다.²⁷³ 시진과 촉진으로 확인이 잘 안 된다면 초음파로 확인이 가능할 것이다.^{171 290} 그러나 응급 상황에서 초음파의 사용은 제한적일 수 밖에 없다. 즉시 사용할 수 있다면 주요 해부학적 구조를 확인하는 데 도움이 될 수 있지만, 이로 인하여 기도 확보 시도를 지연시켜서는 안된다.^{171 291 292} 초음파를 이용한 기도 평가는 마취과 의사에게 유용한 술기이므로²⁹² 수련이 권장되고 있다.^{273 293}

수술 후 관리와 추적관찰

수술이 끝나고 WHO 체크리스트의 서명기록(sign-out section)을 작성하는 단계에서, 시행하였던 기도관리의 어려움과 술 후 관리가 필요한 것에 대하여 논의해야 한다.²⁹⁴ 대화를 통한 인수인계에 더하여, 시행하였던 기도관리에 대한 것을 의무기록으로 문서화해야 한다. 많은 기도 관련 가이드라인과 유관단체^{169 295 296}(DAS Extubation 과 Obstetric 가이드라인^{4 5})는 어려운 기도관리의 경우 문서화 되고 의사소통을 위해 마취과 의사에 의해 추적관찰되어야 할 것을 권장한다. 어려운 삽관과 기도손상은 밀접한 연관이 있으며,^{297 298} 환자의 추적 관찰이 합병증을 인지하고 치료하게 해 준다. 기도관리에 사용되는 모든 기구들은 주위 조직에 손상을 일으킬 수 있다. 이는 비디오후두경,^{163 166} 2세대 SAD,^{192 193 195} 굴곡기관지경 삽관²⁹⁹에서도 보고되어 있다. American Society of Anesthesiologists(ASA)의 보험종결 사례 분석(closed claim analysis)에서는 어려운 기관삽관 시 가장 흔히 손상 받는 부위는 인두와 식도임을 제시하고 있다.²⁹⁸ 인두와 식도 손상은 진단하기 어렵

다. 인두와 식도손상의 약 50%에서만 기흉, 종격동 기종, 또는 피하 기종 등이 동반되는 것으로 보고되었다.⁵ 기도천공 후 종격동 염은 사망률이 높으며, 환자는 통증(심한 인후통, 깊은 경부통, 흉통, 연하통), 발열, 마찰음(crepitus)의 세 징후에 대해 유심히 관찰해야 한다.²⁹⁷⁻³⁰⁰ 해당 환자들에게는 이와 같은 기도손상과 관련된 지연증상(delayed symptoms)이 나타나는 경우 의학적인 도움을 받아야 함을 알려 주어야 한다.

이러한 권고 사항들에도 불구하고 의사소통이 부적절한 경우가 흔히 있다.³⁰¹⁻³⁰⁴ DAS Difficult Airway Alert Form은 이와 관련된 문서화 및 의사소통을 위한 표준 양식이다.³⁰⁵ 상세한 임상 정보 제공에 대한 욕구는 효율적 의사소통 필요성과 균형을 맞추어야만 한다. 현재 영국에 전국적인 어려운 기도(difficult airway) 관련한 database는 없으나 Medic Alert와 같은 시스템이 있으므로³⁰⁶ 이곳에서 어려운 기관삽관에 관련된 환자를 찾아볼 수 있다.³⁰⁷

Coding은 일반 의사들과 중요한 사항에 대해 소통할 수 있는 가장 효과적인 방법으로서 어려운 기관삽관에 관한 code는 Read Code SP2y3^{303 308}이므로 환자가 퇴원 시의 요약 기록에 이 코드를 적어 놓아야 한다. 영국에서 Read Code는 2020년에는 international SNOMED CT(Systematized Nomenclature of Medicine–Clinical Terms)로 바뀔 예정이다.

실패한 기관삽관, 응급으로 시행한 목앞접근법, 기도관리와 관련된 예상치 못한 상황들은 과 자체의 기도관리 그룹에서 검토해야 하며 또한 합병증 및 사망(morbidity and mortality) 모임에서 토의해야 한다.

고찰

기도관리와 관련된 합병증은 드물게 발생한다. NAP4 프로젝트에서는 전신마취 22000건 당 1건의 심각한 합병증, 150000건 당 1건의 사망이나 뇌사가 발생한다고 추정하였다. 이렇게 드물게 발생하는 것을 전향적인 방법으로 연구하는 것은 불가능하므로, 이는 유해 사건들의 정밀한 분석을 통해 파악할 수 밖에 없다.^{2 241 262}

가이드라인이라는 것은 임상 현장에서 복합적인 응급 상황을 해결하기 위해 있는 것이며, 명확한 예로는 심폐소생술 가이드라인이 있다. 표준화된 관리 계획은 다른 병원에서도 바로 적용이 가능하며, 이는 발생 중인 응급 상황에서 팀 구성원이 익숙하지 않은 술기와 기기에 노출될 가능성을 줄여줄 것이다. 이 가이드라인은 기도관리를 전문으로 하는 의사들을 기중하여 만든 것이 아니고, 일반적인 마취과 의사를 기준으로 하여 만든 것이다. 일부 마취과 의사는 가이드라인에 있지 않은 다른 술기에 익숙한 경우가 있는데 이는 가이드라인에 있는 술기를 보완하는 데에 도움이 될 수 있다.

이 가이드라인은 예상치 못한 어려운 기도 상황을 다루고 있다. 이 상황에서 적절하게 숙련된 외과의가 주변에 없을 수도 있으므로 모든 마취과 의사들은 윤상갑상막 절개술을 시행할 수 있어야 한다. 이미 어려운 기도인 것을 알고 있거나 의심되는 환자를 관리할 때 마취과 의사가 윤상갑상막 절개술을 미숙하게 하는 상황이 발생할 수 있으며, 이런 상황에서는 마취과 의사 대신 경험 많은 외과의가 적절한 장비를 가지고 수술적 기도 확보를 즉시 수행할 수 있어야 한다.

기도관리와 연관된 합병증은 초기 계획인 기관삽관에만 국한되지는 않는다. NAP4에 보고된 마취 관련 기도 합병증의 25%는 SAD를 사용하는 기도관리에서 발생하였다. 이러한 상황에서도 가이드라인에 기술되어 있는 중요 원칙이나 술기는 여전히 적용되지만, 기도 확보의 심각한 어려움을 인지하였을 때에는 이미 환자의 혈중 산소화가 잘 안되고 있거나 또는 SAD가 인두 내에 적절히 위치하고 있지 않을 가능성이 크다.

이 가이드라인은 예상치 못한 어려움이 있는 기도관리를 위하여 만들어 졌으며, 초기 계획이 무엇이었든지 간에 일반적인 A, B, C, D 계획으로 가능성 있는 어려움을 식별하고자 하는 진정한 시도였다. 마취 전에 입이 열리는 정도, 목의 움직임, 윤상갑상막의 위치를 평가하는 것은 어떤 기도구제 술기들이 성공할 가능성이 낮은지를 아는데 도움이 될 것이다.

일부 기도 장비와 술기에 대한 사용 근거로서 무작위 대조 시험과 메타분석이 있지만,¹⁹⁷⁻²⁰⁰ 다른 장비와 술기들에 대한 것은 이와 같은 확실한 근거가 없으며, 권장 사항은 반드시 전문가의 합의를 기반으로 해야 한다.⁸ 이 가이드라인에서는 다른 그룹들이 한 접근법처럼 각각의 술기들에 대한 근거 수준을 나열하지는 않았다.³⁰⁹

가이드라인의 구현은 각 병원에서 계획 수립의 필요성을 없애주지는 않는다. 비디오후두경 및 윤상갑상막 절개술 등을 포함한 기도관리의 다양한 면에서 숙련도를 향상 및 유지시키기 위해 필요한 수련 방법이 연구되어 왔다.^{109 276 310-313} 비디오후두경이나 2세대 SAD와 같은 장비 및 슈가마텍스와 같은 약제들에 익숙해 지려면, 이들 기기 및 약제들을 정기적으로 사용할 수 있어야 하고 또한 병원 내의 수련이 필수적이다. 새로운 기도 장비는 지속해서 개발되고 임상 의료현장에 도입될 것이며, 새로운 장비들이 이 가이드라인에서 어떤 역할을 하게 될지 평가해야 할 것이다. 단일 장비나 기술이 명확한 임상적 장점이 없더라도 선택에서 배제하는 것은 교육과 의사결정을 너무 간소화시킬 수 있다. 목앞접근법에 관한 DAS 회원 및 국제 전문가들의 피드백의 결과는 기도구제 분야에서 CICO 응급상황에 대한 이 방법을 마취과 의사의 단일화된 대응 방법으로 권장할 필요성이 있음을 제안하고 있다. 영국 마취과 의사들은 매 5년마다 자격 갱신을 하고 영국마취과 의사회 보수교육(Royal College of Anaesthetists CPD matrix³¹⁴ 2A01)에 고급 기도관리 항목들을 수료해야 하지만, 현재 윤상갑상막 절개술을 수련하거나 재 수련하는 것에 대한 구체적인 요구사항은 없다. 기도관리에 관련된 모든 사람들이 술기에 대해 훈련을 받고 익숙해지도록 일관된 병원 내의 노력이 필요하다. 이 가이드라인은 모든 마취과 의사가 배워야 하는 시술법으로서 scalpel을 이용한 윤상갑상막 절개술을 권고하고 있다. 이 방법은 마취가 수행되는 거의 모든 장소에서 시

행할 수 있고, 넓은 내경의 커프 있는 튜브를 사용하므로 위 내용물 흡인에 대해 보호하고, 호기가 원활하며, 호기말 이산화탄소분압을 측정할 수 있기 때문에 채택되었다. 그러나 목앞접근법에 관한 다른 방법의 술기도 있으며, 이 술기를 위한 추가 장비와 수련 프로그램이 있는 병원에서는 이 방법을 계속해서 사용할 수도 있다. 모든 목앞접근법 술기에 관한 데이터를 수집하고, 이를 바탕으로 다음에 가이드라인이 개정될 때 목앞접근법 술기의 개선에 도움이 될 수 있도록 해야 한다.

참고 문헌

- 1 Henderson JJ Popat MT Latto IP Pearce AC. Difficult Airway Society guidelines for management of the unanticipated difficult intubation. *Anaesthesia* 2004; 59: 675–94
- 2 4th National Audit Project of The Royal College of Anaesthetists and The Difficult Airway Society. Major complications of airway management in the United Kingdom, Report and Findings. Royal College of Anaesthetists, London, 2011
- 3 Black AE Flynn PER Smith HL Thomas ML Wilkinson KA. Development of a guideline for the management of the unanticipated difficult airway in pediatric practice. *Paediatr Anaesth* 2015; 25: 346–62
- 4 Mushambi MC Kinsella SM Popat Met al. Obstetric Anaesthetists' Association and Difficult Airway Society guidelines for the management of difficult and failed tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 2015; 70: 1286–1306
- 5 Popat M Mitchell V Dravid R Patel A Swampillai C Higgs A. Difficult Airway Society Guidelines for the management of tracheal extubation. *Anaesthesia* 2012; 67: 318–40
- 6 Hung O Murphy M. Context-sensitive airway management. *Anesth Analg* 2010; 110: 982–3
- 7 Weller JM Merry AF Robinson BJ Warman GR Janssen A. The impact of trained assistance on error rates in anaesthesia: a simulation-based randomised controlled trial. *Anaesthesia* 2009; 64: 126–30
- 8 Smith AF. Creating guidelines and treating patients when there are no trials or systematic reviews. *Eur J Anaesthesiol* 2013; 30: 383–5
- 9 Flin R Fioratou E Frerk C Trotter C Cook TM. Human factors in the development of

- complications of airway management: preliminary evaluation of an interview tool. *Anaesthesia* 2013; 68: 817–25
- 10 Reason J. Human error: models and management. *Br Med J* 2000; 320: 768–70
- 11 Stiegler MP Neelankavil JP Canales C Dhillon A. Cognitive errors detected in anaesthesiology: a literature review and pilot study. *Br J Anaesth* 2012; 108: 229–35
- 12 Greenland KB Acott C Segal R Goulding G Riley RH Merry AF. Emergency surgical airway in life-threatening acute airway emergencies—why are we so reluctant to do it? *Anaesth Intensive Care* 2011; 39: 578–84
- 13 Marshall S. The use of cognitive aids during emergencies in anesthesia: a review of the literature. *Anesth Analg* 2013; 117: 1162–71
- 14 Chrimes N Fritz P. The Vortex Approach 2013. Available from http://vortexapproach.com/Vortex_Approach/Vortex.html (accessed 18 May 2015)
- 15 ANZCA CPD Standards for Can't Intubate Can't Oxygenate (CICO) education session. Available from http://www.anzca.edu.au/fellows/continuing-professional-development/pdfs/Appendix_12_CICO_Standard_131210.pdf (accessed 22 February 2015)
- 16 ANZCA Learning Objectives for CICO Course. Available from <http://www.anzca.edu.au/fellows/continuing-professional-development/pdfs/emergency-response-activity-cico.pdf> (accessed 22nd February 2015)
- 17 Frengley RW Weller JM Torrie Jet al. The effect of a simulation-based training intervention on the performance of established critical care unit teams. *Crit Care Med* 2011; 39: 2605–11
- 18 Capella J Smith S Philp Aet al. Teamwork training improves the clinical care of trauma patients. *J Surg Educ* 2010; 67: 439–43
- 19 CaPS Clinical Governance Unit. Communication and Patient Safety Course notes. Available from <https://www.health.qld.gov.au/metrosouth/engagement/docs/caps-notes-a.pdf> (accessed 22 July 2015)
- 20 Kheterpal S Healy D Aziz MFet al. Incidence, predictors, and outcome of difficult mask ventilation combined with difficult laryngoscopy: a report from the multicenter perioperative outcomes group. *Anesthesiology* 2013; 119: 1360–9
- 21 Nørskov AK Rosenstock CV Wetterslev J Astrup G Afshari A Lundstrøm LH. Diagnostic

accuracy of anaesthesiologists' prediction of difficult airway management in daily clinical practice: a cohort study of 188 064 patients registered in the Danish Anaesthesia Database. *Anaesthesia* 2015; 70: 272–81

22 Shiga T Wajima Z Inoue T Sakamoto A. Predicting difficult intubation in apparently normal patients: a meta-analysis of bedside screening test performance. *Anesthesiology* 2005; 103: 429–37

23 Haynes AB Weiser TG Berry WR et al. A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. *N Engl J Med* 2009; 360: 491–9

24 Modified version of the WHO Checklist for UK 2009. Available from <http://www.nrls.npsa.nhs.uk/resources/?entryid45=59860> (accessed 30 May 2015)

25 Perry JJ Lee JS Sillberg VAH Wells GA. Rocuronium versus succinylcholine for rapid sequence induction intubation. *Cochrane Database Syst Rev* 2008; 16: CD002788

26 Sluga M Ummenhofer W Studer W Siegemund M Marsch SC. Rocuronium versus succinylcholine for rapid sequence induction of anesthesia and endotracheal intubation: a prospective, randomized trial in emergent cases. *Anesth Analg* 2005; 101: 1356–61

27 Karcioğlu O Arnold J Topacoglu H Ozucelik DN Kiran S Sonmez N. Succinylcholine or rocuronium? A meta-analysis of the effects on intubation conditions. *Int J Clin Pract* 2006; 60: 1638–46

28 Mallon WK Keim SM Shoenberger JM Walls RM. Rocuronium vs. succinylcholine in the emergency department: a critical appraisal. *J Emerg Med* 2009; 37: 183–8

29 Marsch SC Steiner L Bucher E et al. Succinylcholine versus rocuronium for rapid sequence intubation in intensive care: a prospective, randomized controlled trial. *Crit Care* 2011; 15: R199

30 Sørensen MK Bretlau C Gätke MR Sørensen AM Rasmussen LS. Rapid sequence induction and intubation with rocuronium–sugammadex compared with succinylcholine: a randomized trial. *Br J Anaesth* 2012; 108: 682–9

31 Tang L Li S Huang S Ma H Wang Z. Desaturation following rapid sequence induction using succinylcholine vs. rocuronium in overweight patients. *Acta Anaesthesiol Scand* 2011; 55: 203–8

32 Taha SK El-Khatib MF Baraka A et al. Effect of suxamethonium vs rocuronium on onset of oxygen desaturation during apnoea following rapid sequence induction. *Anaesthesia* 2010; 65:

358–61

- 33 Curtis R Lomax S Patel B. Use of sugammadex in a 'can't intubate, can't ventilate' situation. *Br J Anaesth* 2012; 108: 612–4
- 34 Kyle BC Gaylard D Riley RH. A persistent 'can't intubate, can't oxygenate' crisis despite rocuronium reversal with sugammadex. *Anaesth Intensive Care* 2012; 40: 344–6
- 35 Bisschops MMA Holleman C Huitink JM. Can sugammadex save a patient in a simulated 'cannot intubate, cannot ventilate' situation? *Anaesthesia* 2010; 65: 936–41
- 36 Lee C Jahr JS Candiotti KA Warriner B Zornow MH Naguib M. Reversal of profound neuromuscular block by sugammadex administered three minutes after rocuronium: a comparison with spontaneous recovery from succinylcholine. *Anesthesiology* 2009; 110: 1020–5
- 37 Koerber JP Roberts GEW Whitaker R Thorpe CM. Variation in rapid sequence induction techniques: current practice in Wales. *Anaesthesia* 2009; 64: 54–9
- 38 Salem MR Sellick BA Elam JO. The historical background of cricoid pressure in anesthesia and resuscitation. *Anesth Analg* 1974; 53: 230–2
- 39 Sellick BA. Cricoid pressure to control regurgitation of stomach contents during induction of anaesthesia. *Lancet* 1961; 2: 404–6
- 40 Hartsilver EL Vanner RG. Airway obstruction with cricoid pressure. *Anaesthesia* 2000; 55: 208–11
- 41 Vanner RG Asai T. Safe use of cricoid pressure. *Anaesthesia* 1999; 54: 1–3
- 42 Vanner R. Techniques of cricoid pressure. *Anaesth Intensive Care Med* 2001; 2: 362–3
- 43 Tournadre JP Chassard D Berrada KR Boulétreau P. Cricoid cartilage pressure decreases lower esophageal sphincter tone. *Anesthesiology* 1997; 86: 7–9
- 44 Salem MR Bruninga KW Dodlapatii J Joseph NJ. Metoclopramide does not attenuate cricoid pressure-induced relaxation of the lower esophageal sphincter in awake volunteers. *Anesthesiology* 2008; 109: 806–10
- 45 Vanner RG Clarke P Moore WJ Raftery S. The effect of cricoid pressure and neck support on the view at laryngoscopy. *Anaesthesia* 1997; 52: 896–900
- 46 Meek T Gittins N Duggan JE. Cricoid pressure: knowledge and performance amongst

anaesthetic assistants. *Anaesthesia* 1999; 54: 59–62

47 Palmer JHM Ball DR. The effect of cricoid pressure on the cricoid cartilage and vocal cords: an endoscopic study in anaesthetised patients. *Anaesthesia* 2000; 55: 263–8

48 Shorten GD Alfille PH Gliklich RE. Airway obstruction following application of cricoid pressure. *J Clin Anesth* 1991; 3: 403–5

49 Ansermino JM Blogg CE. Cricoid pressure may prevent insertion of the laryngeal mask airway. *Br J Anaesth* 1992; 69: 465–7

50 Aoyama K Takenaka I Sata T Shigematsu A. Cricoid pressure impedes positioning and ventilation through the laryngeal mask airway. *Can J Anaesth* 1996; 43: 1035–40

51 Hocking G Roberts FL Thew ME. Airway obstruction with cricoid pressure and lateral tilt. *Anaesthesia* 2001; 56: 825–8

52 Allman KG. The effect of cricoid pressure application on airway patency. *J Clin Anesth* 1995; 7: 197–9

53 Warters RD Szabo T Spinale FG Desantis SM Reves JG. The effect of neuromuscular blockade on mask ventilation. *Anaesthesia* 2011; 66: 163–7

54 Sachdeva R Kannan TR Mendonca C Patteril M. Evaluation of changes in tidal volume during mask ventilation following administration of neuromuscular blocking drugs. *Anaesthesia* 2014; 69: 826–31

55 Connelly NR Ghandour K Robbins L Dunn S Gibson C. Management of unexpected difficult airway at a teaching institution over a 7-year period. *J Clin Anesth* 2006; 18: 198–204

56 Sakles JC Chiu S Mosier J Walker C Stolz U. The importance of first pass success when performing orotracheal intubation in the emergency department. *Acad Emerg Med* 2013; 20: 71–8

57 Peterson GN Domino KB Caplan RA Posner KL Lee LA Cheney FW. Management of the difficult airway: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 2005; 103: 33–9

58 El-Orbany M Woehlck H Salem MR. Head and neck position for direct laryngoscopy. *Anesth Analg* 2011; 113: 103–9

59 Adnet F Baillard C Borron SWet al. Randomized study comparing the 'sniffing position' with simple head extension for laryngoscopic view in elective surgery patients. *Anesthesiology* 2001;

95: 836–41

60 Magill IW. Technique in endotracheal anaesthesia. *Br Med J* 1930; 2: 817–9

61 Collins JS Lemmens HJM Brodsky JB Brock-Utne JG Levitan RM. Laryngoscopy and morbid obesity: a comparison of the 'sniff' and 'ramped' positions. *Obes Surg* 2004; 14: 1171–5

62 Murphy C Wong DT. Airway management and oxygenation in obese patients. *Can J Anaesth* 2013; 60: 929–45

63 Ranieri D Filho SM Batista S Do Nascimento P. Comparison of Macintosh and Airtraq™ laryngoscopes in obese patients placed in the ramped position. *Anaesthesia* 2012; 67: 980–5

64 Rao SL Kunselman AR Schuler HG Desharnais S. Laryngoscopy and tracheal intubation in the head-elevated position in obese patients: a randomized, controlled, equivalence trial. *Anesth Analg* 2008; 107: 1912–8

65 Weingart SD Levitan RM. Preoxygenation and prevention of desaturation during emergency airway management. *Ann Emerg Med.* 2012; 59: 165–75

66 Cattano D Melnikov V Khalil Y Sridhar S Hagberg CA. An evaluation of the rapid airway management positioner in obese patients undergoing gastric bypass or laparoscopic gastric banding surgery. *Obes Surg* 2010; 20: 1436–41

67 Bell MDD. Routine pre-oxygenation – a new 'minimum standard' of care? *Anaesthesia* 2004; 59: 943–5

68 McGowan P Skinner A. Preoxygenation—the importance of a good face mask seal. *Br J Anaesth* 1995; 75: 777–8

69 Tanoubi I Drolet P Donati F. Optimizing preoxygenation in adults. *Can J Anaesth* 2009; 56: 449–66

70 Nimmagadda U Chiravuri SD Salem M Ret al. Preoxygenation with tidal volume and deep breathing techniques: the impact of duration of breathing and fresh gas flow. *Anesth Analg* 2001; 92: 1337–41

71 Pandey M Ursekar R Aphale S. Three minute tidal breathing – a gold standard techniques for pre-oxygenation for elective surgeries. *Innov J Med Health Sci* 2014; 4: 194–7

72 Pandit JJ Duncan T Robbins PA. Total oxygen uptake with two maximal breathing techniques

and the tidal volume breathing technique: a physiologic study of preoxygenation. *Anesthesiology* 2003; 99: 841–6

73 Russell EC Wrench I Feast M Mohammed F. Pre-oxygenation in pregnancy: the effect of fresh gas flow rates within a circle breathing system. *Anaesthesia* 2008; 63: 833–6

74 Taha SK El-Khatib MF Siddik-Sayyid SM et al. Preoxygenation by 8 deep breaths in 60 seconds using the Mapleson A (Magill), the circle system, or the Mapleson D system. *J Clin Anesth* 2009; 21: 574–8

75 Baraka AS Taha SK Aouad MT El-Khatib MF Kawkabani NI. Preoxygenation: comparison of maximal breathing and tidal volume breathing techniques. *Anesthesiology* 1999; 91: 612–6

76 Drummond GB Park GR. Arterial oxygen saturation before intubation of the trachea. An assessment of oxygenation techniques. *Br J Anaesth* 1984; 56: 987–93

77 Hirsch J Führer I Kuhly P Schaffartzik W. Preoxygenation: a comparison of three different breathing systems. *Br J Anaesth* 2001; 87: 928–31

78 Nimmagadda U Salem MR Joseph NJ Miko I. Efficacy of preoxygenation using tidal volume and deep breathing techniques with and without prior maximal exhalation. *Can J Anaesth* 2007; 54: 448–52

79 Gagnon C Fortier L-P Donati F. When a leak is unavoidable, preoxygenation is equally ineffective with vital capacity or tidal volume breathing. *Can J Anaesth* 2006; 53: 86–91

80 Dixon BJ Dixon JB Carden J Ret al. Preoxygenation is more effective in the 25 degrees head-up position than in the supine position in severely obese patients: a randomized controlled study. *Anesthesiology* 2005; 102: 1110–5

81 Lane S Saunders D Schofield A Padmanabhan R Hildreth A Laws D. A prospective, randomised controlled trial comparing the efficacy of pre-oxygenation in the 20 degrees head-up vs supine position. *Anaesthesia* 2005; 60: 1064–7

82 Cressey DM Berthoud MC Reilly CS. Effectiveness of continuous positive airway pressure to enhance pre-oxygenation in morbidly obese women. *Anaesthesia* 2001; 56: 680–4

83 Gander S Frascarolo P Suter M Spahn DR Magnusson L. Positive end-expiratory pressure during induction of general anesthesia increases duration of nonhypoxic apnea in morbidly obese patients. *Anesth Analg* 2005; 100: 580–4

- 84 Herriger A Frascarolo P Spahn DR Magnusson L. The effect of positive airway pressure during pre-oxygenation and induction of anaesthesia upon duration of non-hypoxic apnoea. *Anaesthesia* 2004; 59: 243–7
- 85 Taha SK Siddik-Sayyid SM El-Khatib MF Dagher CM Hakki MA Baraka AS. Nasopharyngeal oxygen insufflation following pre-oxygenation using the four deep breath technique. *Anaesthesia* 2006; 61: 427–30
- 86 Ramachandran SK Cosnowski A Shanks A Turner CR. Apneic oxygenation during prolonged laryngoscopy in obese patients: a randomized, controlled trial of nasal oxygen administration. *J Clin Anesth* 2010; 22: 164–8
- 87 Levitan RM. NO DESAT! Nasal Oxygen During Efforts Securing A Tube 2010. Available from <http://www.airwaycam.com/wp-content/uploads/2015/03/NO-DESAT.pdf> (accessed 26 April 2015)
- 88 Patel A Nouraei SA. Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange (THRIVE): a physiological method of increasing apnoea time in patients with difficult airways. *Anaesthesia* 2015; 70: 323–9
- 89 Miguel-Montanes R Hajage D Messika Jet al. Use of high-flow nasal cannula oxygen therapy to prevent desaturation during tracheal intubation of intensive care patients with mild-to-moderate hypoxemia. *Crit Care Med* 2015; 43: 574–83
- 90 Vourc'h M Asfar P Volteau Cet al. High-flow nasal cannula oxygen during endotracheal intubation in hypoxemic patients: a randomized controlled clinical trial. *Intensive Care Med* 2015; 41: 1538–48
- 91 Brown GW Ellis FR. Comparison of propofol and increased doses of thiopentone for laryngeal mask insertion. *Acta Anaesthesiol Scand* 1995; 39: 1103–4
- 92 Ti LK Chow MY Lee TL. Comparison of sevoflurane with propofol for laryngeal mask airway insertion in adults. *Anesth Analg* 1999; 88: 908–12
- 93 Sury MRJ Palmer JHMG Cook TM Pandit JJ. The State of UK anaesthesia: a survey of National Health Service activity in 2013. *Br J Anaesth* 2014; 113: 575–84
- 94 MacG Palmer J Pandit JJ. AAGA during induction of anaesthesia and transfer into theatre. In: Pandit JJ Cook TM, eds. 5th National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. London: Accidental Awareness during General Anaesthesia in the United Kingdom and Ireland, 2014; 63–76

- 95 Broomhead RH Marks RJ Ayton P. Confirmation of the ability to ventilate by facemask before administration of neuromuscular blocker: a non-instrumental piece of information? *Br J Anaesth* 2010; 104: 313–7
- 96 Calder I Yentis SM. Could 'safe practice' be compromising safe practice? Should anaesthetists have to demonstrate that face mask ventilation is possible before giving a neuromuscular blocker? *Anaesthesia* 2008; 63: 113–5
- 97 Chambers D Paulden M Paton Fet al. Sugammadex for reversal of neuromuscular block after rapid sequence intubation: a systematic review and economic assessment. *Br J Anaesth* 2010; 105: 568–75
- 98 Reddy JI Cooke PJ van Schalkwyk JM Hannam JA Fitzharris P Mitchell SJ. Anaphylaxis is more common with rocuronium and succinylcholine than with atracurium. *Anesthesiology* 2015; 122: 39–45
- 99 Sadleir PHM Clarke RC Bunning DL Platt PR. Anaphylaxis to neuromuscular blocking drugs: incidence and cross-reactivity in Western Australia from 2002 to 2011. *Br J Anaesth* 2013; 110: 981–7
- 100 Von Goedecke A Voelckel WG Wenzel Vet al. Mechanical versus manual ventilation via a face mask during the induction of anesthesia: a prospective, randomized, crossover study. *Anesth Analg* 2004; 98: 260–3
- 101 Isono S Tanaka A Ishikawa T Tagaito Y Nishino T. Sniffing position improves pharyngeal airway patency in anesthetized patients with obstructive sleep apnea. *Anesthesiology* 2005; 103: 489–94
- 102 El-Orbany M Woehlck HJ. Difficult mask ventilation. *Anesth Analg* 2009; 109: 1870–80
- 103 Ramachandran SK Kheterpal S. Difficult mask ventilation: does it matter? *Anaesthesia* 2011; 66: 40–4
- 104 Niforopoulou P Pantazopoulos I Demestiha T Koudouna E Xanthos T. Video-laryngoscopes in the adult airway management: a topical review of the literature. *Acta Anaesthesiol Scand* 2010; 54: 1050–61
- 105 Griesdale DEG Liu D McKinney J Choi PT. Glidescope® video-laryngoscopy versus direct laryngoscopy for endotracheal intubation: a systematic review and meta-analysis. *Can J Anaesth* 2012; 59: 41–52

- 106 Andersen LH Rovsing L Olsen KS. GlideScope videolaryngoscope vs. Macintosh direct laryngoscope for intubation of morbidly obese patients: a randomized trial. *Acta Anaesthesiol Scand* 2011; 55: 1090–7
- 107 Cooper RM Pacey JA Bishop MJ Cooper RM. Cardiothoracic anesthesia, respiration and airway; early clinical experience with a new videolaryngoscope (GlideScope®) in 728 patients. *Can J Anaesth* 2005; 52: 191–8
- 108 Thong SY Lim Y. Video and optic laryngoscopy assisted tracheal intubation—the new era. *Anaesth Intensive Care* 2009; 37: 219–33
- 109 Aziz MF Dillman D Fu R Brambrink AM. Comparative effectiveness of the C-MAC video laryngoscope versus direct laryngoscopy in the setting of the predicted difficult airway. *Anesthesiology* 2012; 116: 629–36
- 110 Mosier JM Whitmore SP Bloom JW et al. Video laryngoscopy improves intubation success and reduces esophageal intubations compared to direct laryngoscopy in the medical intensive care unit. *Crit Care* 2013; 17: R237
- 111 Asai T Liu EH Matsumoto Set al. Use of the Pentax-AWS in 293 patients with difficult airways. *Anesthesiology* 2009; 110: 898–904
- 112 Cavus E Neumann T Doerges Vet al. First clinical evaluation of the C-MAC D-blade videolaryngoscope during routine and difficult intubation. *Anesth Analg* 2011; 112: 382–5
- 113 Jungbauer A Schumann M Brunkhorst V Börgers A Groeben H. Expected difficult tracheal intubation: a prospective comparison of direct laryngoscopy and video laryngoscopy in 200 patients. *Br J Anaesth* 2009; 102: 546–50
- 114 Ericsson KA. Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. *Acad Med* 2004; 79: S70–81
- 115 Zaouter C Calderon J Hemmerling TM. Videolaryngoscopy as a new standard of care. *Br J Anaesth* 2015; 114: 181–3
- 116 Kok T George RB McKeen D Vakharia N Pink A. Effectiveness and safety of the Levitan FPS Scope™ for tracheal intubation under general anesthesia with a simulated difficult airway. *Can J Anaesth* 2012; 59: 743–50
- 117 Aziz M Metz S. Clinical evaluation of the Levitan Optical Stylet. *Anaesthesia* 2011; 66: 579–81

- 118 Bein B Yan M Tonner PH Scholz J Steinfath M Döriges V. Tracheal intubation using the Bonfils intubation fibrescope after failed direct laryngoscopy. *Anaesthesia* 2004; 59: 1207–9
- 119 Byhahn C Nemetz S Breitzkreutz R Zwissler B Kaufmann M Meininger D. Brief report: tracheal intubation using the Bonfils intubation fibrescope or direct laryngoscopy for patients with a simulated difficult airway. *Can J Anaesth* 2008; 55: 232–7
- 120 Thong SY Wong TG. Clinical uses of the Bonfils Retromolar Intubation Fiberscope: a review. *Anesth Analg* 2012; 115: 855–66
- 121 Webb A Kolawole H Leong S Loughnan TE Crofts T Bowden C. Comparison of the Bonfils and Levitan optical stylets for tracheal intubation: a clinical study. *Anaesth Intensive Care* 2011; 39: 1093–7
- 122 Phua DS Mah CL Wang CF. The Shikani optical stylet as an alternative to the GlideScope® videolaryngoscope in simulated difficult intubations—a randomised controlled trial. *Anaesthesia* 2012; 67: 402–6
- 123 Koh KF Hare JD Calder I. Small tubes revisited. *Anaesthesia* 1998; 53: 46–50
- 124 Marfin AG Iqbal R Mihm F Popat MT Scott SH Pandit JJ. Determination of the site of tracheal tube impingement during nasotracheal fiberoptic intubation. *Anaesthesia* 2006; 61: 646–50
- 125 Jackson AH Orr B Yeo C Parker C Craven R Greenberg SL. Multiple sites of impingement of a tracheal tube as it is advanced over a fiberoptic bronchoscope or tracheal tube introducer in anaesthetized, paralysed patients. *Anaesth Intensive Care* 2006; 34: 444–9
- 126 Jafari A Gharaei B Kamranmanesh M Ret al. Wire reinforced endotracheal tube compared with Parker Flex-Tip tube for oral fiberoptic intubation: a randomized clinical trial. *Minerva Anestesiol* 2014; 80: 324–9
- 127 Heidegger T. Videos in clinical medicine. Fiberoptic intubation. *N Engl J Med* 2011; 364: e42
- 128 Barker KF Bolton P Cole S Coe PA. Ease of laryngeal passage during fiberoptic intubation: a comparison of three endotracheal tubes. *Acta Anaesthesiol Scand* 2001; 45: 624–6
- 129 Dogra S Falconer R Latta IP. Successful difficult intubation. Tracheal tube placement over a gum-elastic bougie. *Anaesthesia* 1990; 45: 774–6
- 130 Brull SJ Wiklund R Ferris C Connelly NR Ehrenwerth J Silverman DG. Facilitation of fiberoptic orotracheal intubation with a flexible tracheal tube. *Anesth Analg* 1994; 78: 746–8

- 131 Kristensen MS. The Parker Flex-Tip tube versus a standard tube for fiberoptic orotracheal intubation: a randomized double-blind study. *Anesthesiology* 2003; 98: 354–8
- 132 Suzuki A Tampo A Abe Net al. The Parker Flex-Tip tracheal tube makes endotracheal intubation with the Bullard laryngoscope easier and faster. *Eur J Anaesthesiol* 2008; 25: 43–7
- 133 Mort TC. Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. *Anesth Analg* 2004; 99: 607–13
- 134 Hasegawa K Shigemitsu K Hagiwara Yet al. Association between repeated intubation attempts and adverse events in emergency departments: an analysis of a multicenter prospective observational study. *Ann Emerg Med* 2012; 60: 749–54
- 135 Martin LD Mhyre JM Shanks AM Tremper KK Kheterpal S. 3,423 emergency tracheal intubations at a university hospital: airway outcomes and complications. *Anesthesiology* 2011; 114: 42–8
- 136 Griesdale DEG Bosma TL Kurth T Isac G Chittock DR. Complications of endotracheal intubation in the critically ill. *Intensive Care Med* 2008; 34: 1835–42
- 137 Schmitt HJ Mang H. Head and neck elevation beyond the sniffing position improves laryngeal view in cases of difficult direct laryngoscopy. *J Clin Anesth* 2002; 14: 335–8
- 138 Knill RL. Difficult laryngoscopy made easy with a 'BURP'. *Can J Anaesth* 1993; 40: 279–82
- 139 Relle A. Difficult laryngoscopy — "BURP". *Can J Anaesth* 1993; 40: 798–9
- 140 Lam AM. The difficult airway and BURP — a truly Canadian perspective. *Can J Anaesth* 1999; 46: 298–9
- 141 Benumof JL. Difficult laryngoscopy: obtaining the best view. *Can J Anaesth* 1994; 41: 361–5
- 142 Levitan RM Mickler T Hollander JE. Bimanual laryngoscopy: a videographic study of external laryngeal manipulation by novice intubators. *Ann Emerg Med* 2002; 40: 30–7
- 143 Kaplan MB Ward DS Berci G. A new video laryngoscope—an aid to intubation and teaching. *J Clin Anesth* 2002; 14: 620–6
- 144 Murphy MF Hung OR Law JA. Tracheal intubation: tricks of the trade. *Emerg Med Clin North Am* 2008; 26: 1001–14
- 145 Latto IP Stacey M Mecklenburgh J Vaughan RS. Survey of the use of the gum elastic bougie

in clinical practice. *Anaesthesia* 2002; 57: 379–84

146 Jabre P Combes X Leroux B et al. Use of gum elastic bougie for prehospital difficult intubation. *Am J Emerg Med* 2005; 23: 552–5

147 Hodzovic I Wilkes AR Latta IP. To shape or not to shape ... simulated bougie-assisted difficult intubation in a manikin. *Anaesthesia* 2003; 58: 792–7

148 Kelly FE Seller C. Snail trail. *Anaesthesia* 2015; 70: 501

149 Takenaka I Aoyama K Iwagaki T Ishimura H Takenaka Y Kadoya T. Approach combining the Airway Scope and the bougie for minimizing movement of the cervical spine during endotracheal intubation. *Anesthesiology* 2009; 110: 1335–40

150 Rai MR. The humble bougie ... forty years and still counting? *Anaesthesia* 2014; 69: 199–203

151 Cook TM. A new practical classification of laryngeal view. *Anaesthesia* 2000; 55: 274–9

152 Yentis SM Lee DJ. Evaluation of an improved scoring system for the grading of direct laryngoscopy. *Anaesthesia* 1998; 53: 1041–4

153 Marson BA Anderson E Wilkes AR Hodzovic I. Bougie-related airway trauma: dangers of the hold-up sign. *Anaesthesia* 2014; 69: 219–23

154 Arndt GA Cambray AJ Tomasson J. Intubation bougie dissection of tracheal mucosa and intratracheal airway obstruction. *Anesth Analg* 2008; 107: 603–4

155 Evans H Hodzovic I Latta IP. Tracheal tube introducers: choose and use with care. *Anaesthesia* 2010; 65: 859

156 Kidd JF Dyson A Latta IP. Successful difficult intubation. Use of the gum elastic bougie. *Anaesthesia* 1988; 43: 437–8

157 Batra R Dhir R Sharma S Kumar K. Inadvertent pneumothorax caused by intubating bougie. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 2015; 31: 271

158 Staikou C Mani AA Fassoulaki AG. Airway injury caused by a Portex single-use bougie. *J Clin Anesth* 2009; 21: 616–7

159 Simpson JA Duffy M. Airway injury and haemorrhage associated with the Frova intubating introducer. *J Intensive Care Soc* 2012; 13: 151–4

- 160 Turkstra TP Harle CC Armstrong KP et al. The GlideScope-specific rigid stylet and standard malleable stylet are equally effective for GlideScope use. *Can J Anaesth* 2007; 54: 891–6
- 161 Cooper RM Pacey JA Bishop MJ McCluskey SA. Early clinical experience with a new videolaryngoscope (GlideScope) in 728 patients. *Can J Anaesth* 2005; 52: 191–8
- 162 Batuwitage B McDonald A Nishikawa K Lythgoe D Mercer S Charters P. Comparison between bougies and stylets for simulated tracheal intubation with the C-MAC D-blade videolaryngoscope. *Eur J Anaesthesiol* 2015; 32: 400–5
- 163 Cooper RM. Complications associated with the use of the GlideScope videolaryngoscope. *Can J Anaesth* 2007; 54: 54–7
- 164 Cross P Cytryn J Cheng KK. Perforation of the soft palate using the GlideScope videolaryngoscope. *Can J Anaesth* 2007; 54: 588–9
- 165 Amundson AW Weingarten TN. Traumatic GlideScope® video laryngoscopy resulting in perforation of the soft palate. *Can J Anaesth* 2013; 60: 210–1
- 166 Choo MKF Yeo VST See JJ. Another complication associated with videolaryngoscopy. *Can J Anaesth* 2007; 54: 322–4
- 167 Dupanovic M. Maneuvers to prevent oropharyngeal injury during orotracheal intubation with the GlideScope video laryngoscope. *J Clin Anesth* 2010; 22: 152–4
- 168 AAGBI Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2007 (4th Edn). Available from www.aagbi.org/sites/default/files/standardsofmonitoring07.pdf (accessed 24 May 2011)
- 169 Petrini F Accorsi A Adrario E et al. Recommendations for airway control and difficult airway management. *Minerva Anesthesiol* 2005; 71: 617–57
- 170 Kristensen MS. Ultrasonography in the management of the airway. *Acta Anaesthesiol Scand* 2011; 55: 1155–73
- 171 Kristensen MS Teoh WH Graumann O Laursen CB. Ultrasonography for clinical decision-making and intervention in airway management: from the mouth to the lungs and pleurae. *Insights Imaging* 2014; 5: 253–79
- 172 Davies PRF Tighe SQM Greenslade GL Evans GH. Laryngeal mask airway and tracheal tube insertion by unskilled personnel. *Lancet* 1990; 336: 977–9

- 173 Muller NV Alberts AA. Unique™ Laryngeal Mask airway versus Cobra™ Perilaryngeal airway: learning curves for insertion. *South Afr J Anaesth Analg* 2014; 12: 21
- 174 Lopez-Gil M Brimacombe J Cebrian J Arranz J. Laryngeal mask airway in pediatric practice: a prospective study of skill acquisition by anesthesia residents. *Anesthesiology* 1996; 84: 807–11
- 175 Brimacombe J. Analysis of 1500 laryngeal mask uses by one anaesthetist in adults undergoing routine anaesthesia. *Anaesthesia* 1996; 51: 76–80
- 176 Greaves JD. Training time and consultant practice. *Br J Anaesth* 2005; 95: 581–3
- 177 Asai T Barclay K Power I Vaughan RS. Cricoid pressure and the LMA: efficacy and interpretation. *Br J Anaesth* 1994; 73: 863–4
- 178 Brimacombe J. Difficult Airway. In: Brimacombe J, ed. *Laryngeal Mask Anesthesia Principles and Practice*, 2nd Edn. Philadelphia: Saunders, 2005; 305–56
- 179 Hashimoto Y Asai T Arai T Okuda Y. Effect of cricoid pressure on placement of the I-gel™: a randomised study. *Anaesthesia* 2014; 69: 878–82
- 180 Asai T Goy RWL Liu EHC. Cricoid pressure prevents placement of the laryngeal tube and laryngeal tube-suction II. *Br J Anaesth* 2007; 99: 282–5
- 181 Li CW Xue FS Xu YC et al. Cricoid pressure impedes insertion of, and ventilation through, the ProSeal laryngeal mask airway in anesthetized, paralyzed patients. *Anesth Analg* 2007; 104: 1195–8
- 182 Cook TM Kelly FE. Time to abandon the ‘vintage’ laryngeal mask airway and adopt second-generation supraglottic airway devices as first choice. *Br J Anaesth* 2015; 115: 497–9
- 183 Brain AIJ Verghese C Strube PJ. The LMA ‘ProSeal’—a laryngeal mask with an oesophageal vent. *Br J Anaesth* 2000; 84: 650–4
- 184 Levitan RM Kinkle WC. Initial anatomic investigations of the I-gel airway: a novel supraglottic airway without inflatable cuff. *Anaesthesia* 2005; 60: 1022–6
- 185 Van Zundert A Brimacombe J. The LMA Supreme™—a pilot study. *Anaesthesia* 2008; 63: 209–10
- 186 Tiefenthaler W Eschertzhuber S Brimacombe J Fricke E Keller C Kaufmann M. A randomised, non-crossover study of the GuardianCPV™ Laryngeal Mask versus the LMA Supreme™ in

paralysed, anaesthetised female patients. *Anaesthesia* 2013; 68: 600–4

187 Miller DM Lavelle M. A streamlined pharynx airway liner: a pilot study in 22 patients in controlled and spontaneous ventilation. *Anesth Analg* 2002; 94: 759–61

188 Youssef MMI Lofty M Hammad Y Elmenshawy E. Comparative study between LMA-Proseal™ and Air-Q® Blocker for ventilation in adult eye trauma patients. *Egypt J Anaesth* 2014; 30: 227–33

189 Alexiev V Salim A Kevin LG Laffey JG. An observational study of the Baska® mask: a novel supraglottic airway. *Anaesthesia* 2012; 67: 640–5

190 Lopez Sala-Blanch X Valero R Prats AA. Cross-over assessment of the AmbuAuraGain, LMA Supreme New Cuff and Intersurgical I-Gel in fresh cadavers. *Open J Anesthesiol* 2014; 4: 332–9

191 Mihai R Knottenbelt G Cook TM. Evaluation of the revised laryngeal tube suction: the laryngeal tube suction II in 100 patients. *Br J Anaesth* 2007; 99: 734–9

192 Theiler L Gutzmann M Kleine-Brueggene M Urwyler N Kaempfen B Greif R. i-gel™ supraglottic airway in clinical practice: a prospective observational multicentre study. *Br J Anaesth* 2012; 109: 990–5

193 Cook TM Gibbison B. Analysis of 1000 consecutive uses of the ProSeal laryngeal mask airway by one anaesthetist at a district general hospital. *Br J Anaesth* 2007; 99: 436–9

194 Goldmann K Hechtfisher C Malik A Kussin A Freisburger C. Use of ProSeal™ laryngeal mask airway in 2114 adult patients: a prospective study. *Anesth Analg* 2008; 107: 1856–61

195 Yao WY Li SY Sng BL Lim Y Sia AT. The LMA Supreme™ in 700 parturients undergoing Cesarean delivery: an observational study. *Can J Anaesth* 2012; 59: 648–54

196 Cook TM Lee G Nolan JP. The ProSeal™ laryngeal mask airway: a review of the literature. *Can J Anaesth* 2005; 52: 739–60

197 De Montblanc J Ruscio L Mazoit JX Benhamou D. A systematic review and meta-analysis of the i-gel® vs laryngeal mask airway in adults. *Anaesthesia* 2014; 69: 1151–62

198 Maitra S Khanna P Baidya DK. Comparison of laryngeal mask airway Supreme and laryngeal mask airway Pro-Seal for controlled ventilation during general anaesthesia in adult patients: systematic review with meta-analysis. *Eur J Anaesthesiol* 2014; 31: 266–73

199 Park SK Choi GJ Choi YS Ahn EJ Kang H. Comparison of the i-gel and the laryngeal mask

- airway proseal during general anesthesia: a systematic review and meta-analysis. PLoS One 2015; 10: e0119469
- 200 Chen X Jiao J Cong X Liu L Wu X. A comparison of the performance of the I-gel™ vs. the LMA-S™ during anesthesia: a meta-analysis of randomized controlled trials. PLoS One 2013; 8: e71910
- 201 López AM Valero R Hurtado P Gambús P Pons M Anglada T. Comparison of the LMA Supreme™ with the LMA Proseal™ for airway management in patients anaesthetized in prone position. Br J Anaesth 2011; 107: 265–71
- 202 Seet E Rajeev S Firoz Tet al. Safety and efficacy of laryngeal mask airway Supreme versus laryngeal mask airway ProSeal: a randomized controlled trial. Eur J Anaesthesiol 2010; 27: 602–7
- 203 Hosten T Gurkan Y Ozdamar D Tekin M Toker K Solak M. A new supraglottic airway device: LMA-Supreme™, comparison with LMA-Proseal™. Acta Anaesthesiol Scand 2009; 53: 852–7
- 204 Lee AKY Tey JBL Lim Y Sia ATH. Comparison of the single-use LMA Supreme with the reusable ProSeal LMA for anaesthesia in gynaecological laparoscopic surgery. Anaesth Intensive Care 2009; 37: 815–9
- 205 Eschertzhuber S Brimacombe J Hohlrieder M Keller C. The Laryngeal Mask Airway Supreme™—a single use laryngeal mask airway with an oesophageal vent. A randomised, cross-over study with the Laryngeal Mask Airway ProSeal™ in paralysed, anaesthetised patients. Anaesthesia 2009; 64: 79–83
- 206 Singh I Gupta M Tandon M. Comparison of clinical performance of I-gel with LMA-ProSeal in elective surgeries. Indian J Anaesth 2009; 53: 302–5
- 207 Chauhan G Nayar P Seth A Gupta K Panwar M Agrawal N. Comparison of clinical performance of the I-gel with LMA Proseal. J Anaesthesiol Clin Pharmacol 2013; 29: 56–60
- 208 Mukadder S Zekine B Erdogan KGet al. Comparison of the proseal, supreme, and i-gel SAD in gynecological laparoscopic surgeries. Scientific World J 2015; 2015: 634320
- 209 Schmidbauer W Bercker S Volk T Bogusch G Mager G Kerner T. Oesophageal seal of the novel supralaryngeal airway device I-Gel™ in comparison with the laryngeal mask airways Classic™ and ProSeal™ using a cadaver model. Br J Anaesth 2009; 102: 135–9
- 210 Schmidbauer W Genzwürker H Ahlers O Proquitte H Kerner T. Cadaver study of oesophageal

insufflation with supraglottic airway devices during positive pressure ventilation in an obstructed airway. *Br J Anaesth* 2012; 109: 454–8

211 Russo SG Cremer S Galli Tet al. Randomized comparison of the i-gel™, the LMA Supreme™, and the Laryngeal Tube Suction-D using clinical and fiberoptic assessments in elective patients. *BMC Anesthesiol* 2012; 12: 18

212 Shin W-J Cheong Y-S Yang H-S Nishiyama T. The supraglottic airway I-gel in comparison with ProSeal laryngeal mask airway and classic laryngeal mask airway in anaesthetized patients. *Eur J Anaesthesiol* 2010; 27: 598–601

213 Teoh WHL Lee KM Suhitharan T Yahaya Z Teo MM Sia ATH. Comparison of the LMA Supreme vs the i-gel™ in paralysed patients undergoing gynaecological laparoscopic surgery with controlled ventilation. *Anaesthesia* 2010; 65: 1173–9

214 Ragazzi R Finessi L Farinelli I Alvisi R Volta CA. LMA Supreme™ vs i-gel™—a comparison of insertion success in novices. *Anaesthesia* 2012; 67: 384–8

215 Kang F Li J Chai X Yu J-G Zhang H-M Tang C-L. Comparison of the I-gel laryngeal mask airway with the LMA-Supreme for airway management in patients undergoing elective lumbar vertebral surgery. *J Neurosurg Anesthesiol* 2015; 27: 37–41

216 Theiler LG Kleine-Brueggeney M Kaiser Det al. Crossover comparison of the laryngeal mask supreme and the i-gel in simulated difficult airway scenario in anesthetized patients. *Anesthesiology* 2009; 111: 55–62

217 Pajiyar AK Wen Z Wang H Ma L Miao L Wang G. Comparisons of clinical performance of Guardian laryngeal mask with laryngeal mask airway ProSeal. *BMC Anesthesiol* 2015; 15: 69

218 Genzwuerker HV Altmayer S Hinkelbein J Gernoth C Viergutz T Ocker H. Prospective randomized comparison of the new Laryngeal Tube Suction LTS II and the LMA-ProSeal for elective surgical interventions. *Acta Anaesthesiol Scand* 2007; 51: 1373–7

219 Jeon WJ Cho SY Baek SJ Kim KH. Comparison of the Proseal LMA and intersurgical I-gel during gynecological laparoscopy. *Korean J Anesthesiol* 2012; 63: 510–4

220 Sharma B Sehgal R Sahai C Sood J. PLMA vs. I-gel: a comparative evaluation of respiratory mechanics in laparoscopic cholecystectomy. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 2010; 26: 451–7

221 Van Zundert TCRV Brimacombe JR. Similar oropharyngeal leak pressures during anaesthesia

- with i-gel, LMA-ProSeal and LMA-Supreme Laryngeal Masks. *Acta Anaesthesiol Belg* 2012; 63: 35–41
- 222 Chew EEF Hashim NHM Wang CY. Randomised comparison of the LMA Supreme with the I-Gel in spontaneously breathing anaesthetised adult patients. *Anaesth Intensive Care* 2010; 38: 1018–22
- 223 Joly N Poulin L-P Tanoubi I Drolet P Donati F St-Pierre P. Randomized prospective trial comparing two supraglottic airway devices: i-gel™ and LMA-Supreme™ in paralyzed patients. *Can J Anaesth* 2014; 61: 794–800
- 224 Cook TM Cranshaw J. Randomized crossover comparison of ProSeal Laryngeal Mask Airway with Laryngeal Tube Sonda during anaesthesia with controlled ventilation. *Br J Anaesth* 2005; 95: 261–6
- 225 Kristensen MS Teoh WH Asai T. Which supraglottic airway will serve my patient best? *Anaesthesia* 2014; 69: 1189–92
- 226 Alexiev V Ochana A Abdelrahman Det al. Comparison of the Baska® mask with the single-use laryngeal mask airway in low-risk female patients undergoing ambulatory surgery. *Anaesthesia* 2013; 68: 1026–32
- 227 Ramachandran SK Mathis MR Tremper KK Shanks AM Kheterpal S. Predictors and clinical outcomes from failed Laryngeal Mask Airway Unique™: a study of 15,795 patients. *Anesthesiology* 2012; 116: 1217–26
- 228 Saito T Liu W Chew STH Ti LK. Incidence of and risk factors for difficult ventilation via a supraglottic airway device in a population of 14 480 patients from South-East Asia. *Anaesthesia* 2015; 70: 1079–83
- 229 Howath A Brimacombe J Keller C. Gum-elastic bougie-guided insertion of the ProSeal laryngeal mask airway: a new technique. *Anaesth Intensive Care* 2002; 30: 624–7
- 230 Taneja S Agarwal M Dali JS Agrawal G. Ease of Proseal Laryngeal Mask Airway insertion and its fiberoptic view after placement using Gum Elastic Bougie: a comparison with conventional techniques. *Anaesth Intensive Care* 2009; 37: 435–40
- 231 Brimacombe J Keller C Judd DV. Gum elastic bougie-guided insertion of the ProSeal laryngeal mask airway is superior to the digital and introducer tool techniques. *Anesthesiology* 2004; 100: 25–9

- 232 El Beheiry H Wong J Nair Get al. Improved esophageal patency when inserting the ProSeal laryngeal mask airway with an Eschmann tracheal tube introducer. *Can J Anaesth* 2009; 56: 725–32
- 233 Eschertzhuber S Brimacombe J Hohlrieder M Stadlbauer KH Keller C. Gum elastic bougie-guided insertion of the ProSeal laryngeal mask airway is superior to the digital and introducer tool techniques in patients with simulated difficult laryngoscopy using a rigid neck collar. *Anesth Analg* 2008; 107: 1253–6
- 234 Gasteiger L Brimacombe J Perkhofer D Kaufmann M Keller C. Comparison of guided insertion of the LMA ProSeal vs the i-gel? *Anaesthesia* 2010; 65: 913–6
- 235 Halaseh BK Sukkar ZF Hassan LH Sia AT Bushnaq WA Adarbeh H. The use of ProSeal laryngeal mask airway in caesarean section—experience in 3000 cases. *Anaesth Intensive Care* 2010; 38: 1023–8
- 236 Proseal LMA Instruction Manual. Available from <https://www.lmana.com/viewifu.php?ifu=19> (accessed 1 August 2014)
- 237 Caponas G. Intubating laryngeal mask airway. *Anaesth Intensive Care* 2002; 30: 551–69
- 238 Ferson DZ Rosenblatt WH Johansen MJ Osborn I Ovassapian A. Use of the intubating LMA-Fastrach in 254 patients with difficult-to-manage airways. *Anesthesiology* 2001; 95: 1175–81
- 239 Pandit JJ MacLachlan K Dravid RM Popat MT. Comparison of times to achieve tracheal intubation with three techniques using the laryngeal or intubating laryngeal mask airway. *Anaesthesia* 2002; 57: 128–32
- 240 Joo HS Kapoor S Rose DK Naik VN. The intubating laryngeal mask airway after induction of general anesthesia versus awake fiberoptic intubation in patients with difficult airways. *Anesth Analg* 2001; 92: 1342–6
- 241 Ruxton L. Fatal accident enquiry 15 into the death of Mr Gordon Ewing. 2010. Glasgow: April. Available from <https://www.scotcourts.gov.uk/opinions/2010FAI15.html> (accessed 14 April 2014)
- 242 Halwagi AE Massicotte N Lallo Aet al. Tracheal intubation through the I-gel™ supraglottic airway versus the LMA Fastrach™: a randomized controlled trial. *Anesth Analg* 2012; 114: 152–6
- 243 Theiler L Kleine-Brueggeney M Urwyler N Graf T Luyet C Greif R. Randomized clinical trial of the i-gel™ and Magill tracheal tube or single-use ILMA™ and ILMA™ tracheal tube for blind

intubation in anaesthetized patients with a predicted difficult airway. *Br J Anaesth* 2011; 107: 243–50

244 Bakker EJ Valkenburg M Galvin EM. Pilot study of the air-Q intubating laryngeal airway in clinical use. *Anaesth Intensive Care* 2010; 38: 346–8

245 McAleavey F Michalek P. Aura-i laryngeal mask as a conduit for elective fibreoptic intubation. *Anaesthesia* 2010; 65: 1151

246 Danha RF Thompson JL Popat MT Pandit JJ. Comparison of fibreoptic-guided orotracheal intubation through classic and single-use laryngeal mask airways. *Anaesthesia* 2005; 60: 184–8

247 Campbell J Michalek P Deighan M. I-gel supraglottic airway for rescue airway management and as a conduit for tracheal intubation in a patient with acute respiratory failure. *Resuscitation* 2009; 80: 963

248 Wong DT Yang JJ Mak HY Jagannathan N. Use of intubation introducers through a supraglottic airway to facilitate tracheal intubation: a brief review. *Can J Anaesth* 2012; 59: 704–15

249 Shimizu M Yoshikawa N Yagi Yet al. [Fiberoptic-guided tracheal intubation through the i-gel supraglottic airway]. *Masui* 2014; 63: 841–5

250 Kleine-Brueggeney M Theiler L Urwyler N Vogt A Greif R. Randomized trial comparing the i-gel™ and Magill tracheal tube with the single-use ILMA™ and ILMA™ tracheal tube for fibreoptic-guided intubation in anaesthetized patients with a predicted difficult airway. *Br J Anaesth* 2011; 107: 251–7

251 Darlong V Biyani G Baidya DK Pandey R Punj J. Air-Q blocker: a novel supraglottic airway device for patients with difficult airway and risk of aspiration. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 2014; 30: 589–90

252 Ott T Fischer M Limbach T Schmidtman I Piepho T Noppens RR. The novel intubating laryngeal tube (iLTS-D) is comparable to the intubating laryngeal mask (Fastrach) – a prospective randomised manikin study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2015; 23: 44

253 Atherton DP O'Sullivan E Lowe D Charters P. A ventilation-exchange bougie for fibreoptic intubations with the laryngeal mask airway. *Anaesthesia* 1996; 51: 1123–6

254 Fiberoptic guided tracheal intubation through aintree intubation catheter. Available from <http://www.das.uk.com/guidelines/other/fiberoptic-guided-tracheal-intubation-through-sad-using->

aintree-intubation-catheter (accessed 27 July 2015)

255 Berkow LC Schwartz JM Kan K Corridore M Heitmiller ES. Use of the Laryngeal Mask Airway-Aintree Intubating Catheter-fiberoptic bronchoscope technique for difficult intubation. *J Clin Anesth* 2011; 23: 534–9

256 Cook TM Silsby J Simpson TP. Airway rescue in acute upper airway obstruction using a ProSeal Laryngeal mask airway and an Aintree Catheter: a review of the ProSeal Laryngeal mask airway in the management of the difficult airway. *Anaesthesia* 2005; 60: 1129–36

257 Cook TM Seller C Gupta K Thornton M O'Sullivan E. Non-conventional uses of the Aintree Intubating Catheter in management of the difficult airway. *Anaesthesia* 2007; 62: 169–74

258 Izakson A Cherniavsky G Lazutkin A Ezri T. The i-gel as a conduit for the Aintree intubation catheter for subsequent fiberoptic intubation Case description. *Rom J Anaesth Intensive Care* 2014; 21: 131–3

259 Van Zundert TC Wong DT Van Zundert AA. The LMA-Supreme™ as an intubation conduit in patients with known difficult airways: a prospective evaluation study. *Acta Anaesthesiol Scand* 2013; 57: 77–81

260 Greenland KB Tan H Edwards M. Intubation via a laryngeal mask airway with an Aintree catheter - not all laryngeal masks are the same. *Anaesthesia* 2007; 62: 966–7

261 Baker PA Flanagan BT Greenland KB et al. Equipment to manage a difficult airway during anaesthesia. *Anaesth Intensive Care* 2011; 39: 16–34

262 Michael Harmer. The Case of Elaine Bromiley. Available from http://www.chfg.org/resources/07_qrt04/Anonymous_Report_Verdict_and_Corrected_Timeline_Oct07.pdf (accessed 12 April 2015)

263 Desforges JCW McDonnell NJ. Sugammadex in the management of a failed intubation in a morbidly obese patient. *Anaesth Intensive Care* 2011; 39: 763–4

264 Mendonca C. Sugammadex to rescue a 'can't ventilate' scenario in an anticipated difficult intubation: is it the answer? *Anaesthesia* 2013; 68: 795–9

265 Barbosa FT da Cunha RM. Reversal of profound neuromuscular blockade with sugammadex after failure of rapid sequence endotracheal intubation: a case report. *Rev Bras Anesthesiol* 2012; 62: 281–4

- 266 Curtis RP. Persistent 'can't intubate, can't oxygenate' crisis despite reversal of rocuronium with sugammadex: the importance of timing. *Anaesth Intensive Care* 2012; 40: 722
- 267 Langvad S Hyldmo PK Nakstad AR Vist GE Sandberg M. Emergency cricothyrotomy – a systematic review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2013; 21: 43
- 268 Heard A. Percutaneous Emergency Oxygenation Strategies in the 'Can't Intubate, Can't Oxygenate' Scenario. Smashworks Editions; 2013. Available from <https://www.smashwords.com/books/view/377530> (accessed 5 January 2014)
- 269 Lockey D Crewdson K Weaver A Davies G. Observational study of the success rates of intubation and failed intubation airway rescue techniques in 7256 attempted intubations of trauma patients by pre-hospital physicians. *Br J Anaesth* 2014; 113: 220–5
- 270 Mabry RL Nichols MC Shiner DC Bolleter S Frankfurt A. A comparison of two open surgical cricothyroidotomy techniques by military medics using a cadaver model. *Ann Emerg Med* 2014; 63: 1–5
- 271 Pugh HE LeClerc S Mclennan J. A review of pre-admission advanced airway management in combat casualties, Helmand Province 2013. *J R Army Med Corps* 2015; 161: 121–6
- 272 Howes TE Lobo CA Kelly FE Cook TM. Rescuing the obese or burned airway: are conventional training manikins adequate? A simulation study. *Br J Anaesth* 2015; 114: 136–42
- 273 Kristensen MS Teoh WH Baker PA. Percutaneous emergency airway access; prevention, preparation, technique and training. *Br J Anaesth* 2015; 114: 357–61
- 274 Hamaekers AE Henderson JJ. Equipment and strategies for emergency tracheal access in the adult patient. *Anaesthesia* 2011; 66: 65–80
- 275 Crewdson K Lockey DJ. Needle, knife, or device – which choice in an airway crisis? *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2013; 21: 49
- 276 Wong DT Prabhu AJ Coloma M Imasogie N Chung FF. What is the minimum training required for successful cricothyroidotomy? A study in mannequins. *Anesthesiology* 2003; 98: 349–53
- 277 Hubert V Duwat A Deransy R Mahjoub Y Dupont H. Effect of simulation training on compliance with difficult airway management algorithms, technical ability, and skills retention for emergency cricothyrotomy. *Anesthesiology* 2014; 120: 999–1008

- 278 Hubble MW Wilfong DA Brown LH Hertelendy A Benner RW. A meta-analysis of prehospital airway control techniques part II: alternative airway devices and cricothyrotomy success rates. *Prehosp Emerg Care* 2010; 14: 515–30
- 279 Baker PA Weller JM Greenland KB Riley RH Merry AF. Education in airway management. *Anaesthesia* 2011; 66(Suppl 2): 101–11
- 280 Mabry RL. An analysis of battlefield cricothyrotomy in Iraq and Afghanistan. *J Spec Oper Med* 2012; 12: 17–23
- 281 Levitan RM. Cricothyrotomy | Airway Cam - Airway Management Education and Training. Available from <http://www.airwaycam.com/cricothyrotomy> (accessed 4 August 2015)
- 282 Airway and ventilatory management. In: Douglas P, ed. *ATLS® Guidelines 9th Ed* Kindle edition. Chicago: The American College of Surgeons, 2012
- 283 Brofeldt BT Panacek EA Richards JR. An easy cricothyrotomy approach: the rapid four-step technique. *Acad Emerg Med* 1996; 3: 1060–3
- 284 Ross-Anderson DJ Ferguson C Patel A. Transtracheal jet ventilation in 50 patients with severe airway compromise and stridor. *Br J Anaesth* 2011; 106: 140–4
- 285 Bourgain JL. Transtracheal high frequency jet ventilation for endoscopic airway surgery: a multicentre study. *Br J Anaesth* 2001; 87: 870–5
- 286 Craven RM Vanner RG. Ventilation of a model lung using various cricothyrotomy devices. *Anaesthesia* 2004; 59: 595–9
- 287 Heard A. Instructor Check-lists for Percutaneous Emergency Oxygenation Strategies in the 'Can't Intubate, Can't Oxygenate' Scenario 2014. Available from <https://www.smashwords.com/books/view/494739> (accessed 23 April 2015)
- 288 Heard AMB Green RJ Eakins P. The formulation and introduction of a 'can't intubate, can't ventilate' algorithm into clinical practice. *Anaesthesia* 2009; 64: 601–8
- 289 Melker JS Gabrielli A. Melker Cricothyrotomy Kit: an alternative to the surgical technique. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2005; 114: 525–8
- 290 Kristensen MS Teoh WH Rudolph S et al. Structured approach to ultrasound-guided identification of the cricothyroid membrane: a randomized comparison with the palpation method in the morbidly obese. *Br J Anaesth* 2015; 114: 1003–4

- 291 Kleine-Brueggeney M Greif R Ross Set al. Ultrasound-guided percutaneous tracheal puncture: a computer-tomographic controlled study in cadavers. *Br J Anaesth* 2011; 106: 738–42
- 292 Dinsmore J Heard AMB Green RJ. The use of ultrasound to guide time-critical cannula tracheotomy when anterior neck airway anatomy is unidentifiable. *Eur J Anaesthesiol* 2011; 28: 506–10
- 293 Mallin M Curtis K Dawson M Ockerse P Ahern M. Accuracy of ultrasound-guided marking of the cricothyroid membrane before simulated failed intubation. *Am J Emerg Med* 2014; 32: 61–3
- 294 World Alliance for Patient Safety. WHO Guidelines for Safe Surgery. Geneva: World Health Organization, 2008
- 295 Apfelbaum JL Hagberg CA Caplan RA et al. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 2013; 118: 251–70
- 296 Feinleib J Foley L Mark L. What we all should know about our patient's airway: difficult airway communications, database registries, and reporting systems registries. *Anesthesiol Clin* 2015; 33: 397–413
- 297 Hagberg C Georgi R Krier C. Complications of managing the airway. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2005; 19: 641–59
- 298 Domino KB Posner KL Caplan RA Cheney FW. Airway injury during anesthesia: a closed claims analysis. *J Am Soc Anesthesiol* 1999; 91: 1703
- 299 Woodall NM Harwood RJ Barker GL. Complications of awake fiberoptic intubation without sedation in 200 healthy anaesthetists attending a training course. *Br J Anaesth* 2008; 100: 850–5
- 300 Gamlin F Caldicott LD Shah MV. Mediastinitis and sepsis syndrome following intubation. *Anaesthesia* 1994; 49: 883–5
- 301 Barron FA Ball DR Jefferson P Norrie J. 'Airway Alerts'. How UK anaesthetists organise, document and communicate difficult airway management. *Anaesthesia* 2003; 58: 73–7
- 302 Mellado PF Thunedborg LP Swiatek F Kristensen MS. Anaesthesiological airway management in Denmark: assessment, equipment and documentation. *Acta Anaesthesiol Scand* 2004; 48: 350–4
- 303 Wilkes M Beattie C Gardner C McNarry AF. Difficult airway communication between anaesthetists and general practitioners. *Scott Med J* 2013; 58: 2–6

- 304 Baker P Moore C Hopley L Herzer K Mark L. How do anaesthetists in New Zealand disseminate critical airway information? *Anaesth Intensive Care* 2013; 41: 334–41
- 305 Difficult Airway Society. Airway Alert Form. Available from <http://www.das.uk.com/guidelines/airwayalert.html> (accessed 4 August 2015)
- 306 Liban JB. Medic Alert UK should start new section for patients with a difficult airway. *Br Med J* 1996; 313: 425
- 307 Medical Alert. Available from <https://www.medicalert.org.uk/> (accessed 4 August 2015)
- 308 Banks IC. The application of Read Codes to anaesthesia. *Anaesthesia* 1994; 49: 324–7
- 309 Law JA Broemling N Cooper RM et al. The difficult airway with recommendations for management – Part 1 – Intubation encountered in an unconscious/induced patient. *Can J Anaesth* 2013; 60: 1089–118
- 310 Teoh WHL Shah MK Sia ATH. Randomised comparison of Pentax AirwayScope and Glidescope for tracheal intubation in patients with normal airway anatomy. *Anaesthesia* 2009; 64: 1125–9
- 311 Hoshijima H Kuratani N Hirabayashi Y Takeuchi R Shiga T Masaki E. Pentax Airway Scope® vs Macintosh laryngoscope for tracheal intubation in adult patients: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia* 2014; 69: 911–8
- 312 Behringer EC Cooper RM Luney S Osborn IP. The comparative study of video laryngoscopes to the Macintosh laryngoscope: defining proficiency is critical. *Eur J Anaesthesiol* 2012; 29: 158–9
- 313 Behringer EC Kristensen MS. Evidence for benefit vs novelty in new intubation equipment. *Anaesthesia* 2011; 66(Suppl 2): 57–64
- 314 The Royal College of Anaesthetists CPD Matrix. Available from <http://www.rcoa.ac.uk/document-store/cpd-matrix> (accessed 4 August 2015)