

소아 기관절개술; 국내 3차 의료기관의 9년간 경험

김경훈, 윤종서

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 소아청소년과

Tracheostomy in children: A 9-year experience in a tertiary hospital in Korea

Kyunghoon Kim, Jong-Seo Yoon

Department of Pediatrics, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

Purpose: Tracheostomy has been increasingly performed in children, along with the improvements in neonatal and pediatric intensive care. The objective of this study was to describe the indications, comorbidities, complications, and outcomes of tracheostomy in children in a tertiary hospital.

Methods: This was a retrospective study of children who required tracheostomy in a tertiary hospital in Korea between April 2009 and March 2018. The medical records of the patients were retrospectively reviewed and analyzed.

Results: A total of 41 children underwent tracheostomy. The median age of the patients was 11.9 months (interquartile range [IQR], 5.4–179.2 months), and 20 (48.8%) were boys. Tracheostomy was performed commonly in respiratory disease (12 [29.2%]) and neurologic disease (17 [41.5%]). The indications of tracheostomy differed according to patient age. There were trends toward longer length of intubation (median, 78.0 days; IQR, 36.0–185.0 days), longer hospitalization (213.3 ± 154.5 days), higher decannulation rate (32.0%) and lower complications (12.0%) in patients who received tracheostomy as an infant/toddler.

Conclusion: Regarding pediatric tracheostomy in this study, there were bimodal age distribution and consequential clinical differences depending on patient age. (*Allergy Asthma Respir Dis* 2019;7:137-141)

Keywords: Child, Tracheostomy, Indications, Complications, Outcomes

서론

기관절개술은 만성호흡부전 환자에서 호흡을 보조하거나 기도 폐쇄가 있는 환자에서 상기도를 우회하여 기도를 유지하기 위해 시행되는 수술적 처치이다.¹ 최근 의학기술의 발달로 중환자실에서의 소아 생존율이 높아지고 있으며, 장기간 기계환기를 필요로 하거나 복잡하고 다양한 만성질환을 가진 소아가 늘어남에 따라 소아에서 기관절개술의 시행이 매년 늘고 있다.²


하지만 소아의 기관절개술은 36%–60%의 높은 합병증 발생률이 보고되고 있으며,^{3,4} 기관절개관의 발관에 대한 성공률은 낮은 것으로 알려져 있다.² 소아 기관절개술에 대한 국내외 연구들은 주로 수술과 관련된 합병증과 예후에 대한 내용으로 기관절개술의 원인이나 기저 질환, 임상결과에 대한 보고는 드물다. 따라서 이 연구는 서울의 3차 의료기관에서 기관절개술을 시행받은 소아 환자들을 대상으로 기관절개술의 원인과 기저질환, 기관절개술의 시행

시기 및 임상 결과를 관찰하였다.

대상 및 방법

서울의 3차 의료기관에서 단일기관 후향적 연구를 시행하였다. 2009년 4월부터 2018년 3월까지 서울성모병원에 입원한 18세 미만의 소아 중 기관절개술을 시행한 환자들을 대상으로 하였다. 기관절개술을 시행한 환자는 입원 기간 한국표준질병·사인분류(Korean Standard Classification of Disease 7) 코드 'Z93.0 기관절개상태'와 'J95.0 기관절개 기능부전', 'Z43 인공개구에 대한 관리'가 들어있거나, 수술코드 'J01300 Invasive tracheostomy'가 들어있는 환자들로 정의하였으며, 후향적 의무기록 분석을 통해 타병원에서 기관절개술을 시행한 후 합병증에 대한 치료나 다른 의학적 이유로 입원을 한 경우는 제외하였다.

의무기록을 후향적으로 검토하여 환자의 성별, 재태연령, 출생체

Correspondence to: Jong-Seo Yoon  <https://orcid.org/0000-0002-5782-6175>
Department of Pediatrics, Seoul St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea,
222 Banpo-daero, Seocho-gu, Seoul 06591, Korea
Tel: +82-2-2258-6190, Fax: +82-2-537-4544, E-mail: pedjsoon@catholic.ac.kr
Received: November 28, 2018 Revised: March 16, 2019 Accepted: March 19, 2019

© 2019 The Korean Academy of Pediatric Allergy and Respiratory Disease
The Korean Academy of Asthma, Allergy and Clinical Immunology
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

중, 동반질환, 기관절개술을 시행한 나이, 기관절개술 시행 전 기관 내 삽관 기간, 기관절개술 시행의 원인, 기관절개술의 합병증, 기관절개술 시행 후 기관절개관의 발관 유무 및 발관까지의 기간, 입원 기간을 조사하였다.

통계 분석은 R ver. 3.5.1 (R Project for Statistical Computing, Vienna, Austria)을 이용하였다. 정규 분포를 보이는 측정값은 평균과 표준편차로 표시하였으며, 비정규 분포를 보이는 측정값은 중앙값과 사분위 간 범위로 표시하였다. 두 군 간 분석에서 범주형 변수는 Fisher exact test, 연속형 변수는 정규성 검정 후 2-sample *t*-test 또는 Wilcoxon rank-sum test를 적용하였다. *P* 값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다.

결 과

연구 기간 기관절개술과 관련된 진단코드 또는 수술코드가 들어간 환자는 총 46명이었다. 타병원에서 기관절개술을 시행하고 다른 의학적 이유로 입원하였던 5명을 제외하고 총 41명의 환자가 등록되었다. 대상 환자 중 남자는 20명(48.8%)이었고, 기관절개술을

시행한 나이의 중앙값은 11.9개월(사분위범위, 5.4–179.2개월)이었다. 환자들이 기관절개술을 시행하기 전 기관 내 삽관을 유지한 기간의 중앙값은 26일(사분위범위, 13–102일)이었으며, 입원 기간의 중앙값은 90일(사분위범위, 53–229일)이었다(Table 1).

대상 환자들이 기관절개술을 시행한 원인으로는 저산소성뇌증, 난치성뇌전증, 외상성뇌손상과 같은 신경질환이 17명(41.5%)으로 가장 많았다. 그 다음으로는 기관지폐이형성증, 만성호흡부전과 같은 호흡기질환(12명, 29.2%), 성문하 협착, 후두연화증 등과 같은 기도폐쇄(6명, 14.6%)가 많았다. 적은 수이지만 선천성근육질환(3명, 7.3%), 두개안면기형(3명, 7.3%)도 기관절개술을 시행한 주요 원인 중 하나였다(Table 2). 동반질환으로 선천성심장질환(12명, 33.3%)이 가장 많았으며, 기관지폐이형성증(6명, 16.7%), 신경질환(6명, 16.7%), 유전성질환(6명, 16.7%)이 많았다. 그 외 위장관질환, 압, 류마티스질환을 동반한 환자들도 있었다(Table 3).

대상 환자를 기관지절개술을 시행한 연령에 따라 분포를 확인하였을 때 영유아기와 청소년기 연령대에서 가장 많은 분포를 보이는 것을 확인하였다(Fig. 1). 기관절개술을 시행한 나이에 따라 2세 미만에 기관절개술을 시행한 환자들을 영유아군, 9세 이상의 연령에서 기관절개술을 시행한 환자들을 청소년군으로 구분하여 임상결과를 비교하였을 때, 25명의 영유아군 환자들에서 기관절개술 시행 전 기관 내 삽관의 유지 기간이 78.0일(사분위범위, 36.0–185.0

Table 1. Demographics of subjects (n = 41)

| Variable | Value |
|--|------------------|
| Male sex | 20 (48.8) |
| Age at tracheostomy (mo) | 11.9 (5.4–179.2) |
| Preterm birth | 15 (36.6) |
| Length of intubation before tracheostomy (day) | 26 (13–102) |
| Length of hospitalization (day) | 90 (53–229) |

Values are presented as number (%) or median (interquartile range).

Table 2. Indications for tracheostomy

| Indication | No. of patients (%) |
|---------------------------------|---------------------|
| Airway obstruction | 6 (14.6) |
| Subglottic stenosis | 1 (2.4) |
| Laryngomalacia | 4 (9.8) |
| Others* | 1 (2.4) |
| Respiratory disease | 12 (29.2) |
| Bronchopulmonary dysplasia | 6 (14.6) |
| Chronic respiratory failure | 6 (14.6) |
| Neurologic disease | 17 (41.5) |
| Hypoxic ischemic encephalopathy | 5 (12.2) |
| Intractable epilepsy | 3 (7.3) |
| Traumatic brain injury | 6 (14.6) |
| Others† | 3 (7.3) |
| Congenital muscular disease | 3 (7.3) |
| Craniofacial anomaly | 3 (7.3) |

*Others: tension pneumothorax. †Others: cerebral palsy, meningoenitis, brain tumor.

Table 3. Comorbidities in the patients

| Comorbidities | No. of patients (%) |
|----------------------------|---------------------|
| Congenital heart disease | 12 (33.3) |
| Bronchopulmonary dysplasia | 6 (16.7) |
| Neurologic disease | 6 (16.7) |
| Gastrointestinal disease | 2 (5.5) |
| Genetic disorder | 6 (16.7) |
| Cancer | 3 (8.3) |
| Others* | 1 (2.8) |

*Others: relapsing polychondritis.

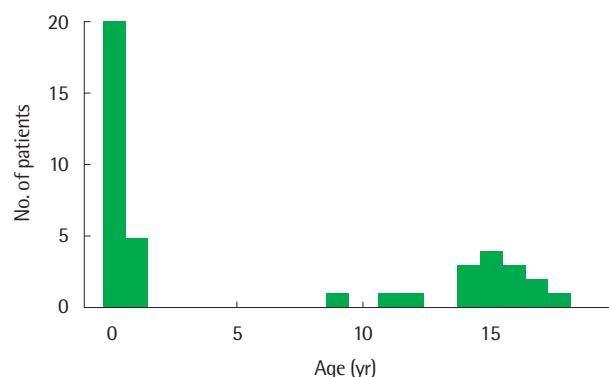


Fig. 1. There were bimodal age distribution depending on the age of tracheostomy.

Table 4. Clinical characteristics of the patients

| Variable | Infant/toddler (n=25) | Adolescent (n=16) | P-value |
|---------------------------------|-----------------------|---------------------|---------|
| Male sex | 13 (52.0) | 7 (43.8) | 0.85 |
| Age at tracheostomy (mo) | 6.5 (2.6–9.2) | 184.5 (175.2–200.6) | 0.00 |
| Length of intubation (day) | 78.0 (36.0–185.0) | 13.5 (7.0–17.0) | 0.00 |
| Indications for tracheostomy | | | |
| Respiratory disease | 10 (40.0) | 2 (12.5) | |
| Neurologic disease | 7 (28.0) | 10 (62.5) | |
| Airway obstruction | 3 (12.0) | 3 (18.8) | |
| Craniofacial anomaly | 2 (8.0) | 1 (6.2) | |
| Congenital muscular disease | 3 (12.0) | 0 (0.0) | |
| Length of MV (day) | 107.0 (67.0–232.0) | 17.0 (4.5–25.0) | 0.00 |
| Length of hospitalization (day) | 213.3±154.5 | 74.6±65.0 | 0.00 |
| Successful decannulation | 8 (32.0) | 3 (18.8) | 0.57 |
| Complications | 3 (12.0) | 6 (37.5) | 0.12 |

Values are presented as number (%), median (interquartile range), or mean ± standard deviation.

MV, mechanical ventilation.

일)로 청소년 연령대에 기관절개술을 시행받은 환자들(중양값, 13.5일; 사분위범위, 7.0–17.0일)에 비해 의미 있게 길었다($P=0.00$). 또한 기계환기를 적용한 기간(중양값, 107.0일; 사분위범위, 67.0–232.0일)과 입원기간(평균 213.3 ± 154.5 일)도 영유아기에 기관절개술을 시행받은 환자들에서 길었다($P=0.00$, 0.00). 두 환자군에서 기관절개술의 적응증을 비교하였을 때, 영유아군에서 기관지폐이형성증과 같은 호흡기질환이 10명(40.0%)으로 가장 많았으며, 그 다음으로는 저산소성뇌병증과 같은 신경계 문제(7명, 28.0%), 기도폐쇄(3명, 12.0%)와 선천성근육질환(3명, 12.0%), 두개안면기형(2명, 8.0%)이 있었다. 청소년 연령대에 기관절개술을 시행받은 환자들의 경우 경막하출혈, 지주막하출혈과 같은 외상성뇌손상에 의한 신경학적 문제가 가장 많았다(10명, 62.5%). 그 외 기도폐쇄(3명, 18.8%), 호흡기 문제(2명, 12.5%)로 기관절개술을 시행받은 환자들 이 있었다. 청소년군 중 두개안면의 문제로 인해 기관절개술을 시행받은 환자는 1명이었으며, 아래턱뼈에 발생한 골육종에 대해 근치적 수술을 시행받고 기도유지를 위해 기관절개술을 시행한 15세 남아였다. 통계적인 차이는 없었으나 기관절개관의 발관에 성공한 환자의 수는 영유아군에서 더 많았으며(8 [32.0%] vs. 3 [18.8%], $P=0.57$), 기관절개술과 관련된 합병증의 발생은 더 적은 경향을 보였다(3 [12.0%] vs. 6 [37.5%], $P=0.57$) (Table 4).

기관절개술을 시행하고 기관절개관의 발관에 성공한 환자는 총 11명이었으며, 임상적 특징은 Table 5에 기술하였다. 이들 중 영유아시기에 기관절개술을 시행받은 환자들은 8명(34.8%)이었으며, 대부분 기관지폐이형성증(8명 중 6명, 75%)을 이유로 기관절개술을 시행받았다. 청소년기에 기관절개술을 시행받은 환자들은 3명(16.7%)으로, 이 중 2명(66.7%)이 지주막하출혈로 인해 기관절개술

Table 5. Patients with successful decannulation after tracheostomy

| Patient No. | GA (wk) | Age at Tracheostomy (mo) | Indications of tracheostomy | Duration of intubation (day) | Duration of tracheostomy (day) |
|-------------|-----------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 32 | 6.5 | HIE | 196 | 320 |
| 2 | 33 | 8.8 | BPD | 264 | 44 |
| 3 | 35 | 7.0 | BPD | 211 | 256 |
| 4 | 26 | 11.9 | BPD | 356 | 165 |
| 5 | 28 | 9.6 | BPD | 287 | 357 |
| 6 | 27 | 7.5 | BPD | 226 | 176 |
| 7 | 38 | 1.9 | Velopharyngeal insufficiency | 20 | 867 |
| 8 | 37 | 2.6 | BPD | 78 | 2,084 |
| 9 | Full term | 204.3 | SAH | 10 | 51 |
| 10 | Full term | 199.1 | SAH | 13 | 38 |
| 11 | Full term | 215.7 | Airway problem | 16 | 106 |

GA, gestational age; HIE, hypoxic ischemic encephalopathy; BPD, bronchopulmonary dysplasia; SAH, subarachnoid hemorrhage.

을 시행받았다.

고 찰

지난 수십 년간 소아에서 기관절개술의 적응증은 많이 변화되었다. 과거 세균 또는 바이러스감염에 의한 후두기관지관지염, 급성후두개염 등이 소아에서 기관절개술을 시행하는 주된 이유였으나,⁵ 최근에는 광범위한 예방접종의 보급과 미숙아 치료의 발달로 인해 호흡부전에 따른 장기간의 기계환기 적용, 선천적 또는 후천적 기도폐쇄 등이 소아 기관절개술의 주요 적응증이 되고 있다.² 2002년부터 2007년까지 기관절개술을 시행받은 소아 917명을 분석한 연구에 따르면 기관절개술을 시행받은 소아의 56%에서 만성호흡기질환이 동반되었으며, 신경질환(48%)과 기도폐쇄(47%)가 기관절개술 시행의 주된 원인이었다.⁶ 이탈리아의 대학병원에서 6년간 기관절개술을 시행받은 소아 38명은 대부분 신경근육질환과 호흡기 문제, 선천성기도폐쇄로 인해 기관절개술을 시행받았다.⁷ 우리나라의 경우도 소아 기관절개술의 적응증으로 만성호흡기질환과 신경질환이 대다수를 차지하였으며,⁸ 이번 연구에서 지난 9년간 기관절개술을 시행받은 소아의 가장 흔한 적응증은 신경질환(41.5%)과 호흡기질환(29.2%), 기도폐쇄(14.6%)였다.

한편 소아에서 기관절개술의 적응증은 연령에 따른 차이를 보인다. 미국 내 기관절개술을 시행받은 18세 미만의 소아를 분석한 연구에서 기관절개술의 시행은 영아기와 청소년기 연령대에서 가장 많았다. 영아기에 기관절개술을 시행받은 소아의 경우 호흡기질환과 선천성기형에 의한 원인이 60.3%로 가장 많았으나, 청소년 연령대에 기관절개술을 시행받은 환자들의 적응증은 대부분(77.2%)

손상이었다.⁹ 2003년부터 2012년까지 10년간 기관절개술을 시행받은 소아들을 기관절개술의 적응증에 따라 임상 결과를 비교하였을 때에도 신경학적 문제와 외상에 의해 기관절개술을 시행받은 환자들의 나이가 호흡기 문제, 두개안면기형으로 인한 환자들에 비해 의미 있게 많았다.¹⁰ 이 연구에서도 앞선 연구들과 동일한 결과 관찰되었다. 기관절개술을 시행한 나이가 영유아기와 청소년기 연령대에서 가장 많았으며, 영유아기에 기관절개술을 시행한 환자들의 적응증은 대부분 호흡기질환이었던 것에 비해 청소년기 환자들은 외상성뇌손상이 가장 많았다.

기관절개술을 영유아 시기에 시행받은 환자들은 청소년기에 기관절개술을 시행받은 환자들에 비해 기관절개술 시행 전 기관 내 삽관의 유지 기간과 기계환기 적용 기간, 입원 기간이 길었다. 이와 같은 결과는 기관절개술을 시행받은 연령의 차이와 기관절개술의 적응증의 차이에서 비롯된 것으로 생각한다. 신생아의 경우 기관절개술 시행 전 기관 내 삽관을 유지하는 기간이 긴 경향이 있으며, 몇몇 조산아에서는 기관 내 삽관 후 3개월이 지나 기관절개술을 시행하기도 한다.² 신생아 중환자실에서 기관절개술 시행에 대해 분석한 대규모 연구에 따르면 기관절개술을 시행받은 신생아들이 기관절개술 시행 전 기계환기를 유지한 기간의 중앙값은 37일로 길었다.¹¹ 또한 미국 내 82개 소아 중환자실에서 기관절개술을 시행한 소아 환자들에서 기관절개술의 원인질환이 기관절개술 시행 전 기관 내 삽관의 유지 기간에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다.¹²

이 연구에서 기관절개술 시행 후 기관절개관의 발관에 성공하는 환자는 11명이었다. 이 중 많은 수가 영유아 시기에 기관절개술을 시행하였으며, 기관절개술의 적응증은 대부분 기도 및 호흡기 문제였다. 소아 중환자실에서 기관절개술을 시행받은 426명에서 기관절개관의 발관에 영향을 미친 요인으로는 기관절개술을 시행한 나이와 기관절개술의 적응증이었으며, 늦은 나이에 기관절개술을 시행한 경우 또는 선천적 신경질환이 동반된 경우 기관절개관의 발관에 실패할 확률이 높았다.¹³ 또한 신경학적 문제로 인해 기관절개술을 시행받은 소아의 경우 신경학적 이상이 동반되지 않은 환자들에 비해 기관절개관의 발관에 성공할 확률은 의미 있게 낮았다.¹⁴

기관절개술과 관련된 합병증은 9명(25%)의 환자에서 관찰되었으며, 대부분은 기관절개관 부위의 육아조직 형성과 주변조직의 협착이었다. 통계적인 차이를 보이지는 않았지만 청소년 시기에 기관절개술을 시행받은 환자들에게서 기관절개술과 관련된 합병증이 많았다. 기관절개술과 관련된 합병증은 기관절개술을 시행한 소아의 20%–40%에서 발생하는 것으로 알려져 있다.^{6,7,15,16} 기관절개술과 관련된 합병증에서도 기관절개술을 시행한 연령의 차이가 존재하는데, 미시건주 코호트 연구에 따르면 기관절개술을 시행한 소아에서 기관절개술과 관련된 합병증은 38.8%였으며 기관절개술과 관련된 합병증이 발생한 환자들은 합병증이 발생하지 않은 환자들에 비해 기관절개술을 시행한 나이가 많았다(중앙값, 12세 vs. 2세).¹⁷

기관절개술은 환자의 호흡 노력을 감소시키고, 기도 및 기관지 분비물의 배출을 용이하게 하며, 기도의 안정성을 확보하여 기계환기를 적용한 환자에서 기계환기의 이탈에 도움이 된다. 또한 중환자실의 입실 기간 및 사망률을 감소시키고, 의료 비용적 측면에서 효과적이어서 성인의 경우 2주 이상의 기계환기를 필요로 하는 호흡부전 상태이거나, 상기도의 폐쇄 등으로 기도 유지 및 확보가 어려운 경우 기관절개술을 시행한다.¹⁸ 하지만 아직까지 소아에서 기관절개술을 시행하는 임상적 기준에 대해 알려진 바 없으며, 각각의 환자에서 개별적인 평가로 판단하는 실정이다. 이는 소아의 경우 성인에 비해 장기간 기관 내 삽관을 잘 유지하는 경향이 있고, 침상 옆에서 시행이 가능한 경피적 확장 기관절개술을 소아에서는 시행이 어렵다는 점에서 기인하는 것으로 생각한다.^{12,19}

이 연구에서도 장기간 기계환기를 필요로 하는 호흡부전 환자와 기도폐쇄 및 신경학적 이유로 기도의 확보가 필요한 환자에서 소아 호흡기 및 소아중환자 전문의가 환자의 임상 경과 및 진찰 소견, 검사 결과 등을 바탕으로 종합적으로 판단하여 기관절개술을 시행하였다. 단일기관의 연구이기 때문에 대상 환자의 수가 제한되어 있으며, 후향적 의무기록 분석 연구로 기관절개술과 관련된 임상정보를 모으는 데 한계가 있다. 향후 소아 환자에서 기관절개술을 시행하는 기준과 임상 결과의 효용성에 대한 전향적 다기관 연구를 통해 이러한 제한점을 극복할 수 있을 것으로 생각한다.

결론적으로 서울의 3차 의료기관에서 지난 9년간 기관절개술을 시행받은 소아들은 기관절개술을 시행한 연령에 따라 쌍봉분포를 보였으며, 기관절개술을 시행한 나이와 적응증의 차이에 따라 임상 결과에 차이를 보였다.

REFERENCES

1. Deutsch ES. Tracheostomy: pediatric considerations. *Respir Care* 2010; 55:1082-90.
2. Watters KF. Tracheostomy in infants and children. *Respir Care* 2017;62: 799-825.
3. Kremer B, Botos-Kremer AI, Eckel HE, Schlöndorff G. Indications, complications, and surgical techniques for pediatric tracheostomies--an update. *J Pediatr Surg* 2002;37:1556-62.
4. Pereira KD, MacGregor AR, Mitchell RB. Complications of neonatal tracheostomy: a 5-year review. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2004;131:810-3.
5. Carron JD, Derkay CS, Strobe GL, Nosonchuk JE, Darrow DH. Pediatric tracheostomies: changing indications and outcomes. *Laryngoscope* 2000; 110:1099-104.
6. Berry JG, Graham DA, Graham RJ, Zhou J, Putney HL, O'Brien JE, et al. Predictors of clinical outcomes and hospital resource use of children after tracheostomy. *Pediatrics* 2009;124:563-72.
7. Parrilla C, Scarano E, Guidi ML, Galli J, Paludetti G. Current trends in paediatric tracheostomies. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2007;71:1563-7.
8. Suh J, Lee JH, Chung MK, Jeong HS, Son YI, Ahn K, et al. Causes and outcome of tracheostomy in children. *Pediatr Allergy Respir Dis* 2012;22: 188-96.

9. Lewis CW, Carron JD, Perkins JA, Sie KC, Feudtner C. Tracheotomy in pediatric patients: a national perspective. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2003;129:523-9.
10. Funamura JL, Durbin-Johnson B, Tollefson TT, Harrison J, Senders CW. Pediatric tracheotomy: indications and decannulation outcomes. *Laryngoscope* 2014;124:1952-8.
11. Lee JH, Smith PB, Quek MB, Laughon MM, Clark RH, Hornik CP. Risk factors and in-hospital outcomes following tracheostomy in infants. *J Pediatr* 2016;173:39-44.e1.
12. Wakeham MK, Kuhn EM, Lee KJ, McCrory MC, Scanlon MC. Use of tracheostomy in the PICU among patients requiring prolonged mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 2014;40:863-70.
13. McPherson ML, Shekerdeman L, Goldsworthy M, Minard CG, Nelson CS, Stein F, et al. A decade of pediatric tracheostomies: Indications, outcomes, and long-term prognosis. *Pediatr Pulmonol* 2017;52:946-53.
14. Tsuboi N, Ide K, Nishimura N, Nakagawa S, Morimoto N. Pediatric tracheostomy: survival and long-term outcomes. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2016;89:81-5.
15. Mahida JB, Asti L, Boss EF, Shah RK, Deans KJ, Minneci PC, et al. Tracheostomy placement in children younger than 2 years: 30-day outcomes using the national surgical quality improvement program pediatric. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2016;142:241-6.
16. Schweiger C, Manica D, Becker CF, Abreu LS, Manzini M, Sekine L, et al. Tracheostomy in children: a ten-year experience from a tertiary center in southern Brazil. *Braz J Otorhinolaryngol* 2017;83:627-32.
17. Watters K, O'Neill M, Zhu H, Graham RJ, Hall M, Berry J. Two-year mortality, complications, and healthcare use in children with medicaid following tracheostomy. *Laryngoscope* 2016;126:2611-7.
18. Freeman BD, Morris PE. Tracheostomy practice in adults with acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2012;40:2890-6.
19. Brass P, Hellmich M, Ladra A, Ladra J, Wrzosek A. Percutaneous techniques versus surgical techniques for tracheostomy. *Cochrane Database Syst Rev* 2016;7:CD008045.