

흉부전산화단층촬영 분석을 통한 소아의 적절한 흉부 압박 깊이

연세대학교 의과대학 응급의학교실

박정훈 · 제상모 · 유제성 · 김선욱 · 정태녕 · 김민정 · 박유석 · 정성필 · 박인철

Optimal Chest Compression Depth for Children Determined by Chest Computed Tomography

Jung Hoon Park, M.D., Sang Mo Je, M.D., Je Sung You, M.D., Sun Wook Kim, M.D., Tae Nyoung Chung, M.D., Min Joung Kim, M.D., Yoo Seok Park, M.D., Sung Phil Chung, M.D., Incheol Park, M.D.

Purpose: The recommended compression depth for basic life support of pediatric patients is one third to one half the anterior-posterior diameter of the chest. This study was designed to evaluate, using chest computed tomography (CT), whether the recommended compression depth is appropriate.

Methods: Data for pediatric patients who underwent chest computed tomography were collected. Axial images containing both nipples were selected. We measured external chest thickness, internal thickness from sternum to vertebral body, and residual thickness; the latter was defined as internal thickness minus one third or one half of external thickness. We assumed potential injury would occur from chest compression if residual thickness was less than 10 mm.

Results: Chest CT images from 164 children were analyzed. The compression depth was 62.4 ± 6.9 mm if one half of the chest thickness was compressed, which was deeper than the high margin of compression depth recommended for adults. No potential injury was assumed when compressing one third of external chest thickness, while 96.3% of patients were assumed to sustain an injury when receiving compressions as deep as one half of chest thickness.

Conclusion: One half the anterior-posterior diameter of the chest, the compression depth for pediatric CPR recommended in the current guidelines, is deeper than the 4~5 cm depth recommended for adult chest compression, and will result in less than 10 mm of residual thickness in most cases. This may cause internal organ injury.

Key Words: Heart arrest, X-Ray computed tomography, Child, Preschool Child, Infant, Resuscitation

Department of Emergency Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

서 론

심폐소생술을 하는 동안 혈액 순환은 반복적인 흉골 압박에 의해 인위적으로 이루어진다. 최근 들어 심폐소생술의 질이 강조되면서 소아에서도 “강하고 빠른 흉부압박(push hard push fast)”이 권장되고 있다. 강한 흉부압박은 구체적으로 흉골의 아래쪽 절반을 흉곽지름(anterior-posterior chest depth)의 1/2~1/3 정도(1.5~2.5 cm) 깊이로 압박하는 것이다¹⁻³⁾. 그러나 이것은 과학적 근거 자료에 의한 것이 아닌 전문가들의 합의에 의한 것으로 과도한 흉부 압박은 오히려 흉부 또는 복부 내 장기 손상을 초래할 수 있다는 연구 결과가 있다⁴⁻⁷⁾. Kao 등⁸⁾은 현재 가이드라인에 따라 소아에게 흉부압박을 시행했을 경우 소아의 흉부압박 깊이가 오히려 성인에서 권고되고 있는 흉부압박 깊이와 비슷하거나 더욱 깊다는 연구결과를 제시하였고 이를 통해 소아 심폐소생술에서 적절한 흉부압박 깊이에 대한 추가적인 연구의 필요성을 강조하였다.

Braga 등⁹⁾은 전산화단층촬영(computed tomography, CT)을 이용한 연구에서, 영아 및 소아에서 흉곽지름의 1/2을 압박하는 것은 1/3을 압박하는 것에 비해 심장과 대동맥 등 가슴 내 장기 손상이 발생할 가능성이 높다고 하였다. Meyer 등¹⁰⁾의 전산화단층촬영을 통한 연구에서도 영아 환자에서 흉곽지름의 1/2, 1/3, 1/4 압박을 비교해 보았을 때, 1/2 흉부압박에서는 가슴 내 장기손상이, 1/4 흉부압박

책임저자: 박 유 석

서울특별시 서대문구 성산로 250

연세대학교 의과대학 응급의학교실

Tel: 02) 2228-2460, Fax: 02) 2227-7908

E-mail: pys0905@yuhs.ac

접수일: 2010년 8월 23일, 1차 교정일: 2010년 9월 22일

게재승인일: 2010년 10월 22일

에서는 유출되는 혈류량의 부족을 제시하였다. 따라서 혈류량 부족 가능성이 적고 과압박에 의한 장기손상의 가능성이 가장 적은 깊이로 흉곽지름의 1/3을 제시하였다.

국내에서 발표된 “공용 심폐소생술” 지침에서도 마찬가지로 소아환자 흉곽지름의 1/2 또는 1/3을 압박할 것을 권장하고 있지만, 아직까지 국내 소아에 대하여 흉곽지름 계측을 통한 적절한 흉부압박 깊이에 관한 연구는 없었다. 따라서 저자들은 현재 소아 심폐소생술 가이드라인에서 권장하는 흉부압박 깊이가 국내 소아에게도 안전하게 적용할 수 있는지를 알아보려고 하였다.

대상과 방법

본 연구는 2007년 11월부터 2009년 7월까지 세브란스 병원에 입원하여 흉부전산화단층촬영을 시행 받은 1세 이상 8세 미만의 소아를 대상으로 시행하였다. 오목가슴(pectus excavatum)이나 새가슴(pectus carinatum)과 같은 심각한 흉곽 기형이 있는 환자, CT의 횡단면 영상(axial view)에서 양측 유두가 동일선상에 있지 않은 경우, 시상면 영상(sagittal view)에서 흉골 기형 등으로 흉골 전체가 보이지 않는 경우는 제외하였으며, 의무기록을 통해 검사 당시의 신장을 알 수 없거나, 한국 소아 성장곡선의 백분위 범위를 벗어난 환자도 제외하였다.

자료는 의무기록 조사 및 흉부 CT의 영상의학적 평가를 통해 수집하였다. 인구학적 특성으로 나이, 성별, 신장, 체중을 의무기록에서 추출하였다. 의료영상저장전송시스템(picture archiving and communication system, PACS)인 Centricity 프로그램(GE Healthcare, Milwaukee, USA)을 이용하여 먼저 양측 유두가 보이는 횡단면 영상을 확인하였다. 이후 흉골 폭의 가운데 앞쪽 피부에서 직각으로 등 후면 피부까지의 두께를 측정하여 흉곽의 외부 두께(external thickness, ET)로 정의하였다. 또한 흉골 폭의 가운데 후면에서 직각으로 척추골 전면까지의 거리를 측정하여 흉곽의 내부 두께(internal thickness, IT)로 정의하였다. 현재 가이드라인에서 제시하는 가상의 흉부압박 깊이는 흉곽 외부 두께의 1/2 또는 1/3을 계산하여 측정하였다(Fig. 1). 마지막으로 흉부압박 시 가슴 내 잔여 두께(residual thickness, RT)는 흉곽의 내부 두께에서 가상의 흉부압박 깊이를 뺀 값으로 각각 1/2 또는 1/3 잔여두께로 정의하였다. Braga 등⁹⁾은 이 잔여 두께가 10 mm 미만인 경우, 흉부 압박 시 심장과 대동맥 등 가슴 내 장기가 존재할 공간이 부족하여 장기 손상의 가능성이 높다고 가정하였으며 본 연구에서도 10 mm를 위험 깊이(risk depth)로 정의하였다.

전체 대상 환자의 나이, 신장, 체중, 흉곽지름 등의 자료는 평균±표준편차로 요약하였으며, 통계는 SPSS for

Windows (ver 17.0)를 이용하였다. 남녀간 흉곽지름의 차이는 *t* 검정으로 분석하였다. 나이를 13~24개월, 25~36개월, 37~48개월, 49~60개월, 61~72개월, 73~84개월 85~96개월로 세분하여 연령에 따른 각 두께의 변화를 파악하기 위해 일반선형모형(general linear model) 방법을 이용하였다. *p*값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 의미있는 것으로 해석하였다.

결 과

연구기간 동안 흉부 CT를 시행받은 소아는 총 237명이었다. 이 중 양측 유두가 동일선상에 있지 않는 7명, 시상면 영상에서 흉골 전체가 보이지 않는 6명, 시상면 영상에 대한 3차원 재건 영상이 없는 57명, 심장의 위치를 변화시킬 수 있는 질환이나 수술을 받은 3명의 소아가 제외되어 최종적으로 164명의 환자가 연구에 포함되었다. 평균 나이는 39.3±23.0개월이었고, 남자가 88명(53.7%), 여자가 76명(46.3%)이었다. 평균 신장은 94.19±16.5 cm이며, 평균 체중은 14.5±5.6 kg이었다.

대상 환자들의 흉곽지름은 유두선 지점의 횡단면에서 외부 두께(ET)가 평균 124.7±13.8 mm, 내부 두께(IT)가 63.4±8.9 mm이었다. 1/3 잔여 두께(RT1/3)는 21.9±5.4 mm, 1/2 잔여 두께(RT1/2)는 1.1±4.5 mm이었다. 현재 소아 심폐소생술 지침에서 권장하는 압박 깊이인 흉곽지름의 1/2은 62.4±6.9 mm, 1/3은 41.6±4.6 mm였다. 1/2을 압박하는 경우 13, 17개월 환아 두 명을 제외하고는 모두 압박 깊이가 5cm 이상이었다(Fig. 2).

외부 두께(126 vs. 123 mm, *p*=0.01)와 내부 두께(64 vs. 62 mm, *p*=0.015)는 모두 남자가 여자보다 두꺼운 경향을 보였으나 남녀간에 잔여 두께의 차이는 없었다(RT1/2: *p*=0.429, RT1/3: *p*=0.091). 흉부압박 시 흉곽지름의 1/3을 압박하는 경우 잔여 두께가 10 mm 이하인

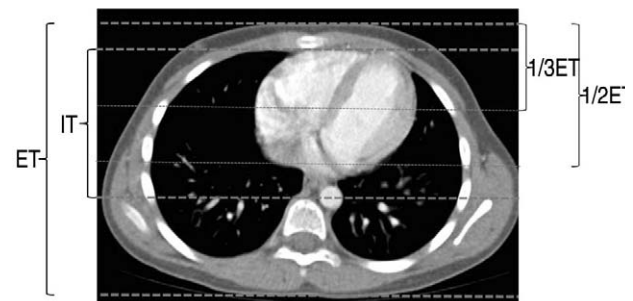


Fig. 1. An example of axial computed tomography image at nipple level shows external thickness (ET) and internal thickness (IT). The 1/3 or 1/2 residual thickness (RT) which was defined as internal thickness (IT) minus 1/3 or 1/2 of external thickness (ET)

경우는 0명이었으나, 흉곽지름의 1/2을 압박하는 경우 158명(96.3%)에서 잔여 두께가 10 mm 이하로 측정되었다. 가슴의 내부 및 외부 두께는 나이가 증가함에 따라 의미 있게 증가하였으며, 1/3 잔여 두께 또한 증가하는 경향을 보였으나 1/2 잔여 두께는 연령에 따라 차이가 없었다 (Table 1).

고찰

소아 심장마비 환자의 생존율은 매우 낮은 것으로 보고되고 있다. Donoghue 등¹¹⁾은 병원 전 소아 심정지 환자의 단 4%만이 신경학적으로 온전한 상태로 퇴원하였다고 보

고하였으며, Nadkarni 등¹²⁾은 병원 내 소아 심정지 환자의 17%에서 신경학적으로 정상 퇴원하였다고 보고하였다. 심정지 환자의 자발순환회복, 병원 입원 및 생존 퇴원과 흉부 압박의 질과는 밀접한 연관성이 있다. 심폐소생술 동안 시행되는 연속적인 흉부압박은 뇌와 심장과 같은 중요 장기에 혈액을 공급함으로써 심장마비로부터 회복될 수 있는 기회를 제공한다. 2005년 미국심장협회에서 제시한 가이드라인은 양쪽 젖꼭지를 연결한 가상의 선 위치의 아래 1/2 흉골부위 지점에서, 흉곽지름의 1/2에서 1/3정도를 압박할 것을 권장하고 있다. 그러나 이번 연구 결과 위의 가이드라인을 따를 경우 소아에서의 흉부압박 깊이가 4.2~6.2 cm로 기존의 Kao 등⁸⁾이 제시한 4.4~6.5 cm과 유사하였으며, 이는 성인에서 권장되는 4~5 cm보다 깊은

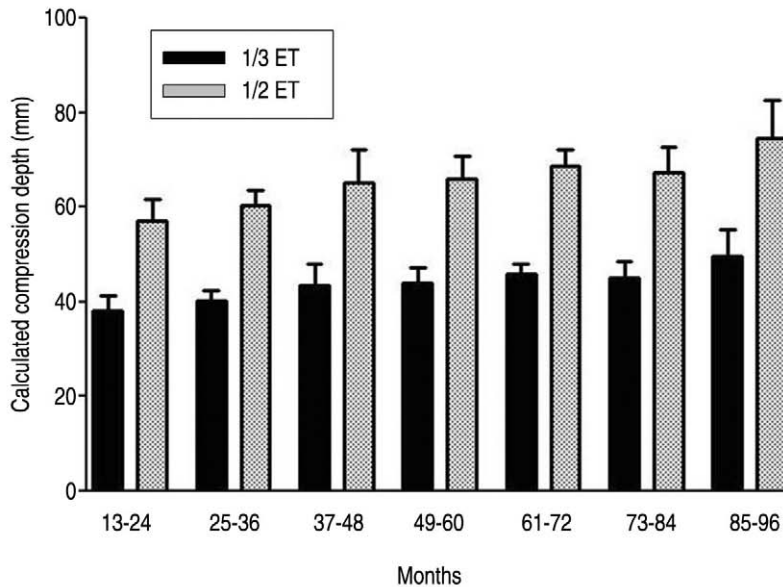


Fig. 2. Calculated one third and one half of the external chest thickness (ET) of the study patients.

Table 1. Comparison of chest thickness measured at the computed tomography image in level of nipple line among different age group

Age (month)	N (%)	Height (cm)	Weight (Kg)	ET (mm)	IT (mm)	RT1/3 (mm)	RT1/2 (mm)
13-24	57 (34.8)	79 ± 7	10 ± 2	114 ± 9	57 ± 6	19 ± 4	0.2 ± 3.7
24-36	36 (22.0)	88 ± 6	13 ± 2	121 ± 6	62 ± 6 ^a	22 ± 4	1.5 ± 3.8
37-48	20 (12.2)	101 ± 11	16 ± 4	130 ± 14	66 ± 11	23 ± 8	1.2 ± 6.5
49-60	17 (10.4)	102 ± 6	16 ± 3	132 ± 9	69 ± 9	25 ± 7	3.4 ± 6.2
61-72	11 (6.7)	112 ± 4	20 ± 2	138 ± 7	71 ± 6	25 ± 4	2.5 ± 2.9
73-84	15 (9.1)	119 ± 8	22 ± 6	134 ± 11	68 ± 7	23 ± 4	0.3 ± 3.6
85-96	8 (4.9)	123 ± 10	27 ± 9	149 ± 16	74 ± 7	24 ± 4	-0.5 ± 4.3
<i>p</i> -value		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.147
Adjusted R ²		0.806	0.665	0.504	0.346	0.140	0.022

ET: external thickness

IT: internal thickness

RT: residual thickness

* *p*-value was the result of general linear model

것을 알 수 있었다. 또한 본 연구 결과에서 흉곽지름의 1/2을 압박할 경우 96.3%의 환자에서 10 mm이하의 잔여 깊이를 보이는 반면, 1/3을 압박하는 경우 모든 환자에서 10 mm 이상의 잔여 깊이를 보임을 알 수 있었다. 이는 Braga 등⁹⁾이 발표한 1/2을 압박할 경우 94%, 1/3을 압박하는 경우 0.4%에서 잔여 깊이가 10 mm 이하였다는 것과 유사하였다. 다시 말해 소아의 모든 나이 군에서 흉곽지름의 1/2을 압박할 경우 1/3을 압박할 때에 비해 가슴내 장기 손상이 발생할 가능성이 높다고 할 수 있다. Meyer 등¹⁰⁾의 연구에 따르면 영아 환자에게 총 흉곽 깊이의 1/2, 1/3, 1/4을 압박한다고 가정하였을 때, 1/2 흉부압박에서는 심장과 대동맥 등 가슴 내 장기손상이 우려되었고, 1/4 흉부압박에서는 인공적 심박출량의 부족을 초래할 수 있었다. 이를 통해 과압박으로 인한 장기손상이 적으며 부족한 심박출량의 가능성이 제일 적은 것은 흉곽지름의 1/3 흉부압박임을 제시하였다. 결론적으로 흉곽지름 1/2, 1/3 깊이의 흉부압박이 심장 혈액 유출량을 유지 할 수 있다는 Meyer 등¹⁰⁾의 연구를 고려하면 본 연구를 통해 국내 소아에서 안전하고 효율적인 흉부압박 깊이는 흉곽지름의 1/3임을 알 수 있었다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 전산화단층촬영을 통한 2차원적 연구이기 때문에 실제 심폐소생술이 시행될 때 발생하는 혈액학적 지표를 알 수 없다는 점이다. 본 연구 결과를 고려할 때 소아에서 흉곽 깊이의 1/3을 압박하는 것이 1/2을 압박하는 것 보다 안전성이 높다고 할 수 있다. 그러나 영상 시뮬레이션을 통한 2차원적 연구 만으로는 혈액학적인 효율성을 알 수 없으며, 따라서 이번 연구 결과만으로 흉곽지름의 1/3을 압박할 것을 권장할 수는 없다. 향후 혈액학적 효과, 합병증 발생 및 소생술의 예후 등을 고려한 추가적인 연구를 통해 현재 소아 심폐소생술 지침에서 제시하는 흉부압박 깊이를 다시 검토할 필요가 있다고 생각된다. 둘째, 상당수의 환자가 영상문제, 예를 들어 3차원 재건 영상이 없다는 이유로 제외되었으며, 단일 기관 연구로 진행되어 선택 오류가 있을 수 있다. 마지막으로 흉부압박 시에 압박되는 공간을 내부 두께(internal depth)로 제한하였지만, 실제로 근육 등의 연부 조직(soft tissue)이 압박될 가능성이 있다는 점이다.

결 론

이번 연구를 통해 현재 소아 심폐소생술 지침에서 권장하는 흉곽지름 1/2의 흉부압박은 성인에게 권장되는 4~5 cm보다 깊으며, 대부분의 소아에서는 잔여두께가 10 mm 미만으로 가슴 내 장기 손상을 유발 할 수 있다.

참고문헌

1. ECC Committee, Subcommittees and Task Forces of the American Heart Association. 2005 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Part 11: Pediatric Basic Life Support. *Circulation* 2005;112(Suppl IV): IV156-66.
2. Biarent D, Bingham R, Richmond S, Maconochie I, Wyllie J, Simpson S, et al. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 2005;67 Suppl 1:S97-133.
3. Nadkarni V, Hazinski MF, Zideman D, Kattwinkel J, Quan L, Bingham R, et al. Pediatric resuscitation: an advisory statement from the Pediatric Working Group of the International Liaison Committee on Resuscitation. *Circulation* 1997;95:2185-95.
4. Hoke RS, Chamberlain D. Skeletal chest injuries secondary to cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2004;63:327-38.
5. Lederer W, Mair D, Rabl W, Baubin M. Frequency of rib and sternum fractures associated with out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation is underestimated by conventional chest X-ray. *Resuscitation* 2004;60:157-62.
6. Azuma SS, Mashiyama ET, Goldsmith CI, Abbasi AS. Chest compression-induced vertebral fractures. *Chest* 1986;89:154-5.
7. McGrath RB. Gastroesophageal lacerations. A fatal complication of closed chest cardiopulmonary resuscitation. *Chest* 1983;83:571-2.
8. Kao PC, Chiang WC, Yang CW, Chen SJ, Liu YP, Lee CC, et al. What is the correct depth of chest compression for infants and children? A radiological study. *Pediatrics* 2009;124:49-55.
9. Braga MS, Dominguez TE, Pollock AN, Niles D, Meyer A, Myklebust H, et al. Estimation of optimal CPR chest compression depth in children by using computer tomography. *Pediatrics* 2009;124:e69-74.
10. Meyer A, Nadkarni V, Pollock A, Babbs C, Nishisaki A, Braga M, et al. Evaluation of the Neonatal Resuscitation Program's recommended chest compression depth using computerized tomography imaging. *Resuscitation* 2010; 81:544-8.
11. Donoghue AJ, Nadkarni V, Berg RA, Osmond MH, Wells G, Nesbitt L, et al. Out-of-hospital pediatric cardiac arrest: an epidemiologic review and assessment of current knowledge. *Ann Emerg Med* 2005;46:512-22.
12. Nadkarni VM, Larkin GL, Peberdy MA, Carey SM, Kaye W, Mancini ME, et al. First documented rhythm and clinical outcome from in-hospital cardiac arrest among children and adults. *JAMA* 2006;295:50-7.