



경증두부외상 중간위험군 환자의 위험도층화: 한글 번역 이차출판*

김중헌

아주대학교 의과대학 응급의학교실

Risk stratification of intermediate-risk children with minor head injury: a secondary publication translated into Korean*

Jung Heon Kim

Department of Emergency Medicine, Ajou University School of Medicine, Suwon, Republic of Korea

The Pediatric Emergency Care Applied Research Network rule helps emergency physicians identify very low-risk children with minor head injury who can forgo head computed tomography. This rule contributes to reducing lifetime risk of radiation-induced cancers while minimizing missing clinically important traumatic brain injury. However, in intermediate-risk children, decisions on whether to perform computed tomography remain at the emergency physicians' discretion. To reduce this gray zone, this review summarizes evidence for risk stratification of intermediate-risk children with minor head injury.

Key words: Craniocerebral Trauma; Decision Support Techniques; Multidetector Computed Tomography; Neoplasms, Radiation-Induced; Radiation, Ionizing; Risk Assessment

서 론

Pediatric Emergency Care Applied Research Network (PECARN) 규칙은 컴퓨터단층촬영(단층촬영)이 불필요한 경증두부외상(Appendix 1, <https://doi.org/10.22470/pemj.2022.00437>) 초저위험군 환자를 선별하기 위한, 변수 6개로 이뤄진 임상 의사결정 규칙이다¹⁾. 임상적으로 중요한 외상성 뇌손상(clinically important traumatic brain injury, ciTBI)에 대한 본 규칙의 민감도 및 음성 예측도는 각각 99%–100% 및 100%이다²⁾. 이를 적용하면 불필요한 단층촬영 및 방사선유발암의 평생 위험(0.03%–0.08%)을 줄일 수 있다^{3,4)}. 그러나 중간위험군 환자의 단층촬영 시행에 관한 의사결정에는 상기 규칙이 큰 도움을 주지 못하여⁵⁾, 해당 결정이 응급실 의사의 재량에 맡겨진 실정이다. 2018년 Homme⁶⁾는 일련의 PECARN 이차연구 결과를 활용하여⁷⁻¹²⁾ 중간위험군의 위험도층화(risk

Received: Mar 24, 2022 Accepted: Mar 31, 2022

Corresponding author

Jung Heon Kim (ORCID 0000-0001-7303-0241)

Department of Emergency Medicine, Ajou University School of Medicine, 164 World cup-ro, Yeongtong-gu, Suwon 16499, Republic of Korea

Tel: +82-31-219-7750 Fax: +82-31-219-7760

E-mail: medjh@daum.net

* This article is a secondary publication of a review article solely written in Korean and firstly published in the *Pediatric Emergency Care* (Pediatr Emerg Care 2020;36:e659-64), approved by the editors-in-chief of both journals for the sake of Korean readers.

stratification)가 필요하다고 주장했다.

저자는 본 종설을 통해 응급실을 방문한 경증두부외상 중간위험군 환자의 위험도증화에 관한 근거를 요약하고자 한다. 특히, PECARN 규칙의 중간위험 변수 6개 중 2개를 만족하는 경우와 1개만 만족하는 경우 (PECARN 연구에서 이를 단층촬영 의사결정을 위한 기타 임상적 요인 중 하나로 제시¹⁾의 ciTBI 빈도를 대조하는 것에 중점을 뒀다(Appendix 1). 기타 PECARN 연구에서 제시한 단층촬영 의사결정을 위한 기타 임상적 요인을 문단 소제목으로 제시하고, 각 소제목별로 관련 근거를 정리했다¹⁾.

본 론

1. PECARN 중간위험 변수 중 2개 만족하는 경우와 1개 만족하는 경우 대조

본 저자는 중간위험 변수를 1개 만족하는 환자에서 단층촬영 및 ciTBI 빈도를 보고한 PECARN 이차연구를 분석했다⁷⁻¹²⁾. 변수 2개 만족하는 경우의 단층촬영 및 ciTBI 빈도를 구하기 위해, Homme[®]의 방법을 적용하여 상기 이차연구에서 보고한 2개 변수 조합별 빈도를 분모 및 분자별로 합산했다(Appendix 2, <https://doi.org/10.22470/pemj.2022.00437>). 이렇게 합산하여 구한 변수 2개 만족하는 경우의 ciTBI 빈도를 1개 만족하는 경우의 빈도와 대조했다. 각 2개 변수 조합에 해당하는 ciTBI 빈도를 계산하여, 빈도순으로 나열했다. 특정 나이에 한정된 변수(예: 영아의 구토)는 분석에서 제외했다.

변수 1개 만족하는 환자 중 28.5%~71.7%가 단층촬영을 경험했지만 ciTBI 빈도는 0.2%~1.4% (신경외과 수술, ≤ 0.5%)로, PECARN 연구에서 보고한 ciTBI 빈도 0.9% (신경외과 수술, 0.1%)와 유사했다(Tables 1, 2)¹⁾. 이 유사성의 의미는 중간위험 변수 1개를 만족한다고 해서 반드시 단층촬영이 필요하진 않다는 것이다.

그러나 여기에 변수 1개가 추가되면, ciTBI 빈도가 최고 2.6%로 상승했다(Table

Table 1. Rates of CT, TBI, and ciTBI in children with an isolated variable using data of the PECARN secondary analyses^{1,7,12)}

Variable	CT			TBI			ciTBI		
	Total	< 2 y	≥ 2 y	Total	< 2 y	≥ 2 y	Total	< 2 y	≥ 2 y
PECARN ¹⁾ (n = 42,412)	14,969 (35.3)	3,326/10,718 (31.0)	11,643/31,694 (36.7)	780 (1.8)	282/10,718 (2.6)	498/31,694 (1.6)	376 (0.9)	98/10,718 (0.9)	278/31,694 (0.9)
SIM ⁷⁾ (n = 3,630)	About 50%*	NA	NA	NA	NA	NA	16 (0.4)	4/1,330 (0.3)	12/2,300 (0.5)
LOC ⁸⁾ (n = 2,780)	1,993 (71.7)	90/157 (57.3)	1,903/2,623 (72.6)	38 (1.4)	2/157 (1.3)	36/2,623 (1.4)	13 (0.5)	1/157 (0.6)	12/2,623 (0.5)
NFSH ⁹⁾ (n = 820)	234 (28.5)	234 (28.5)	NA [†]	22 (2.7)	22 (2.7)	NA [†]	4 (0.5)	4 (0.5)	NA [†]
GRAA ¹⁰⁾ (n = 411)	185 (45.0)	185 (45.0)	NA [†]	1 (0.2)	1 (0.2)	NA [†]	1 (0.2)	1 (0.2)	NA [†]
Vomiting ¹¹⁾ (n = 1,501)	806 (53.7)	NA [†]	806 (53.7)	26 (1.7)	NA [†]	26 (1.7)	10 (0.7)	NA [†]	10 (0.7)
Severe headache ¹²⁾ (n = 209)	128 (61.2)	NA [†]	128 (61.2)	4 (1.9)	NA [†]	4 (1.9)	3 (1.4)	NA [†]	3 (1.4)

Values are expressed as numbers (%).

* An estimation based on the overall CT rate in children with SIM (not necessarily isolated) (52% [3,237 of the 6,263 children])⁷⁾.

[†] Not included in the age-specific PECARN rule.

CT: computed tomography, TBI: traumatic brain injury, ciTBI: clinically important traumatic brain injury, PECARN: Pediatric Emergency Care Applied Research Network, SIM: severe injury mechanism, LOC: loss of consciousness, NFSH: non-frontal scalp hematoma, GRAA: guardian's report of child acting abnormally.

Table 2. Rates of neurosurgery in children with an isolated variable^{1,7-12)}

Variable	Neurosurgery		
	Total	< 2 y	≥ 2 y
PECARN ¹⁾ (n = 42,412)	60 (0.1)	19/10,718 (0.2)	41/31,694 (0.1)
SIM ⁷⁾ (n = 3,630)	NA	NA	NA
LOC ⁸⁾ (n = 2,780)	1 (0.04)	0/157 (0)	1/2,623 (0.04)
NFSH ⁹⁾ (n = 820)	0 (0)	0 (0)	NA
GRAA ¹⁰⁾ (n = 411)	0 (0)	0 (0)	NA
Vomiting ¹¹⁾ (n = 1,501)	5 (0.3)	NA	5 (0.3)
Severe headache ¹²⁾ (n = 209)	1 (0.5)	NA	1 (0.5)

Values are expressed as numbers (%).

PECARN: Pediatric Emergency Care Applied Research Network, SIM: severe injury mechanism, LOC: loss of consciousness, NFSH: non-frontal scalp hematoma, GRAA: guardian's report of child acting abnormally.

3). 2개 변수 조합 중, 중증손상기전에 추가로 두피혈종, 구토 또는 의식소실을 동반할 때 ciTBI 빈도가 가장 높았다(Tables 4, 5). 이 결과의 시사점은 중증손상기전 및 추가 1개 이상의 PECARN 변수의 조합을 만족하는 환자가 다른 조합을 가진 환자들과 비교하여, 단층촬영을 더욱 필요로 한다는 것이다(Fig. 1).

반면, 두통 또는 구토를 포함하여 변수 2개 만족하는 환자의 ciTBI 빈도는 중증손상기전 및 구토를 만족하는 환자를 제외하면(3.3%), 최고 1.4%였다(Tables 4, 5). 이는 PECARN 이차연구에서 ciTBI가 두통의 강도나 위치 및 구토의 횟수나 시기와 무관하게 발생한다고 보고한 것과 일맥상통한다^{11,12)}.

전술(前述)한 방법은 다음과 같은 제한점을 지닌다. 첫째, ciTBI 빈도의 분모 및 분자를 구성하는 연구대상자가 이차연구 사이에 일부 겹친다⁷⁻¹²⁾. 이 점이 합산 빈도에 영향을 줬지만, 적어도 그로부터 일정한 경향성을 확인할 수 있다. 둘째, 변수 2개 및 1개 만족하는 경우의 사이에서 ciTBI 빈도를 대조하기 위해, 이차연구에서 변수 1개 만족하는 경우를 엄격히 해석하기 위해 사용한 “확장된 정의(extended definition: 만족하는 변수 1개 외에 PECARN 변수는 물론, PECARN 규칙에 포함되지 않은 증상[예: 발작]도 동반하지 않은 경우)” 개념을 본 연구에서는 사용하지 않았다⁷⁻¹²⁾. 참고로, 변수 1개 만족하는 경우의 ciTBI 빈도는 확장된 정의 개념을 사용하지 않고 계산한 수치보다 이를 사용하여 계산한 수치보다 약간 컸다(0.2%–1.4% 대 0%–0.4%)⁶⁾.

요약하면, 단층촬영은 중간위험군 환자가 변수 2개 이상을 만족할 때 고려해야 한다. 중증손상기전을 포함한 2개의 변수를 만족할 때 ciTBI의 검사 전 확률(pretest probability)이 약 3%임을 고려하면(Table 5), 단층촬영 적응증으로서 중증손상기전을 강조할 필요가 있다(Fig. 1).

2. 의사의 경험

이 요인은 본질적으로 주관적이며, 의사 개인의 경력, 위험감수성(risk tolerance), 전공과목, 진료 환경과 관련이 있다. 경험 많은 응급실 의사는 영상검사를 위한 임상 의사결정규칙을 덜 사용하는 경향이 있다^{13,14)}. 한 설문연구에서 경증두부외상 초저위험군 영아가 등장하는 임상 시나리오를 이용하여 분석한 결과, 경력 15년 이상의 응급실 의사는 경력 5년 미만의 응급실 의사와 비교하여, PECARN 규칙은 잘 모르지만 단층촬영을 덜 시행하는 경향을 보였다¹⁵⁾. 이 행동양식의 차이는 경험 많은 응급실 의사가 임상적 유형 매칭(clinical pattern matching)을 통해 신속한 진료를 추구하는 것과 연관된 것으로 보인다⁶⁾. 그러나 이 진료 방식은 임상적 유형을 오인할 경우 단층촬영 시행에 관한 인지적 오류를 초래할 수 있다¹⁷⁾. 적어도 환자가 단층촬영이 불필요한 환자의 유형에 부합하지 않는다면, PECARN 규칙을 사용해야 한다.

기타 의사 요인을 언급하면, 단층촬영을 자주 처방하는 경향은 응급실 의사가 위험감수성이 약하거나 소아응급의학 수련을 받지 않은 경우, 또는 진료하는 기관이 이차병원이거나, 대도시에 위치하지 않거나, 환자수가 적은 경우에 나타난다¹⁸⁻²¹⁾. 이러한 특성은 의사 개인의 경험 및 PECARN 규칙, 또는 소아 경증두부외상 자체에 친숙한 정도와 연관된 것으로 추정한다. 소아청소년과 전공의 수련이 단층촬영 빈도에 미치는 영향에 관해서는 아직 논란이 있다^{20,22,23)}.

3. 임상증상 악화

경증두부외상 환자 중 소수만 증상이 악화하고, 나중에 신경외과 수술이 필요한 경우는 더 드물다. 신경학적 결손이 없는 외상성 뇌손상 환자를 응급실에서 관찰한 결과,

Table 3. Comparison of cTBI rates between children with an isolated variable and those with 2 variables^{1,7,12)}

Variable	Isolated variable			2 Variables		
	Total	< 2 y	≥ 2 y	Total	< 2 y	≥ 2 y
SIM ⁷⁾ (n = 3,630)	16 (0.4)	4/1,330 (0.3)	12/2,300 (0.5)	33/1,246 (2.6)	12/471 (2.5)	21/775 (2.7)
LOC ⁸⁾ (n = 2,780)	13 (0.5)	1/157 (0.6)	12/2,623 (0.5)	18/1,068 (1.7)	2/87 (2.3)	16/981 (1.6)
NFSH ⁹⁾ (n = 820)	4 (0.5)	4 (0.5)	NA	8/308 (2.6)	8/308 (2.6)	NA
GRAA ¹⁰⁾ (n = 411)	1 (0.2)	1 (0.2)	NA	2/222 (0.9)	2/222 (0.9)	NA
Vomiting ¹¹⁾ (n = 1,501)	10 (0.7)	NA	10 (0.7)	6/474 (1.3)	NA	6/474 (1.3)
Severe headache ¹²⁾ (n = 209)	3 (1.4)	NA	3 (1.4)	1/217 (0.5)	NA	1/217 (0.5)

Values are expressed as numbers (%).

cTBI: clinically important traumatic brain injury, SIM: severe injury mechanism, LOC: loss of consciousness, NFSH: non-frontal scalp hematoma, GRAA: guardian's report of child acting abnormally.

202명 중 3명(1.5%)의 추적 단층촬영에서 새로운 병소가 발견됐고, 수술이 필요한 환자는 없었다²⁴⁾. 수술 필요성 예측에 있어서, 신경학적 악화를 확인하는 것이 일상적인 추적 단층촬영보다 정확하다²⁴⁻²⁹⁾. 따라서 응급실 방문 당시 또는 이후 증상이 악화한 환자가 단층촬영이 필요하다(Fig. 1).

중간위험군에서 단층촬영을 줄이려면 증상 악화 여부를 2시간 동안 관찰하는 것이 유용하다(Fig. 1). 경증두부외상에 대한 단층촬영 빈도를 응급실 내 관찰구역 설치 전후로 비교한 결과 5.7%에서 4.0%로 감소했다³⁰⁾. Schonfeld 등³¹⁾은 응급실에서 관찰한 환자가 그렇지 않은 환자보다 단층촬영을 덜 경험했다고 보고했다(5% 대 34%; 관찰시간의 중앙값, 2.5시간[사분위수 범위, 1.8-3.3]). 게다가 관찰시간이 1시간 늘어날 때마다 중간위험군의 단층촬영 빈도가 72%씩 감소했다³¹⁾. 이는 2시간 관찰로 충분함을 시사한다. 본 저자는 관찰시간이 6시간 이내여야 한다고 생각하는데, 그 근거는 두개내출혈의 97.4%가 경증두부외상 6시간 이내에 발생한다는 연구결과이다³²⁾.

4. 나이 3개월 미만

3개월 미만 영아가 1개 이상의 중간위험 변수를 만족하면 단층촬영을 고려해야 한다(Fig. 1). 이 나이대 환자에게 단층촬영을 시행할 때에는 낮은 역치가 필요하다³³⁾. 이 환자군은 학대로 인한 두부외상에 취약하므로, 단층촬영의 편익이 위험을 초과한다³⁴⁾. Greenes와 Schutzman³⁵⁾의 연구에서 외상성 뇌손상이 있는 영아 중 40%가 나이 3개월 미만이였다. 두피혈종 단독 환자에서, 나이 3개월 미만은 나이 12-23개월에 비해 외상성 뇌손상과 강하게 연관됐다(보정교차비, 17.0; 95% 신뢰구간, 3.7-78.5)⁹⁾. 한 응급실 기반 연구에 따르면, 나이 3개월 미만이 중간위험군에서 단층촬영 의사결정의 유일한 요인이였다(보정교차비, 18.1; 95% 신뢰구간, 4.91-66.61)⁹⁾. 이는 어린 영아의 임상증상이 모호하다는 내재적 특성에 덧붙여, 보호자가 육아 경험이 부족하여 두부외상 후 환자의 행동이 나이에 알맞은 정상인지 잘 판단하지 못하는 점에 기인한 것으로 추정한다. 어린 소아에서 경증두부외상과 선조체-속섬유막 경색(striatocapsular infarction)이 서로 연관된다고 추정되는 점도 뇌영상 시행을 촉진하는 요인 중 하나이다^{36,37)}.

5. 보호자의 단층촬영 선호

단층촬영 의사결정에서 보호자의 선호를 유일한 근거로

Table 4. Crude rates of ciTBI in children with 2 variables^{1,7-12)}

Variable	< 2 y	Variable	≥ 2 y
SIM + NFSH	12/471 (2.5)	SIM + LOC	21/775 (2.7)
LOC	9/258 (3.5)	LOC	16/622 (2.6)
GRAA	2/57 (3.5)	Vomiting	5/125 (4.0)
LOC + SIM	1/156 (0.6)	Severe headache	0/28 (0)
NFSH	2/87 (2.3)	LOC + SIM	16/981 (1.6)
GRAA	2/51 (3.9)	SIM	13/539 (2.4)
NFSH + SIM	0/16 (0)	Vomiting	3/321 (0.9)
GRAA	0/20 (0)	Severe headache	0/121 (0)
NFSH + SIM	8/308 (2.6)	Vomiting +	6/474 (1.3)
SIM	7/233 (3.0)	SIM	2/84 (2.4)
GRAA	1/59 (1.7)	LOC	3/321 (0.9)
LOC	0/16 (0)	Severe headache	1/69 (1.4)
GRAA + NFSH	2/222 (0.9)	Severe headache +	1/217 (0.5)
SIM	1/59 (1.7)	Vomiting	1/69 (1.4)
LOC	1/143 (0.7)	SIM	0/27 (0)
	0/20 (0)	LOC	0/121 (0)

Values are expressed as numbers (%).

ciTBI: clinically important traumatic brain injury, SIM: severe injury mechanism, NFSH: non-frontal scalp hematoma, LOC: loss of consciousness, GRAA: guardian's report of child acting abnormally.

Table 5. Rates of ciTBI in children with 2 variables^{*1,7-12)}

Variable	< 2 y	Variable	≥ 2 y
SIM + LOC	4/108 (3.7)	SIM + vomiting	7/209 (3.3)
SIM + NFSH	16/491 (3.3)	SIM + LOC	29/1,161 (2.5)
NFSH + GRAA	2/118 (1.7)	Vomiting + severe headache	2/138 (1.4)
GRAA + SIM	2/299 (0.7)	LOC + vomiting	6/642 (0.9)
NFSH + LOC	0/32 (0)	Severe headache + SIM	0/55 (0)
LOC + GRAA	0/40 (0)	LOC + severe headache	0/242 (0)

Values are expressed as numbers (%).

* The numbers and proportions were measured by merging the values listed in Table 4. Due to this overlap, the 2 variables combined are listed in order of high proportion instead of number.

ciTBI: clinically important traumatic brain injury, SIM: severe injury mechanism, LOC: loss of consciousness, NFSH: non-frontal scalp hematoma, GRAA: guardian's report of child acting abnormally.

삼는 것은 바람직하지 않다. 경증두부외상 환자의 부모가 단층촬영을 원하는 까닭은, 이 검사의 위험 및 편익에 관해 제대로 알지 못한 채 자녀의 뇌 안에 출혈이 없음을 확인하고 싶기 때문이다³⁸⁻⁴⁰⁾. PECARN 연구 이후에도 중간위험군의 단층촬영 빈도가 29%-54%라는 사실에는 이러한 선호가 부분적으로 영향을 미친 듯하다^{23,41)}. 보호자가 원하더라도, 단층촬영은 주치의의 설명에도 불구하고 계속 검사를 원하거나, PECARN 규칙에 포함되지 않은 주요 증상(예: 발작)이 있을 때 고려해야 한다(Fig. 1).

응급실 의사는 단층촬영의 위험(방사선위해) 및 편익(ciTBI의 검사 전 확률)에 관한 정보를 제공해야 한다. 이

정보를 포함하는 교육자료를 사용하면 보호자의 이해를 돕고 의사결정에 참여하도록 유도하여, 결과적으로 관련 분쟁을 줄일 수 있다⁴²⁾. 보호자는 자신의 걱정이 단층촬영을 시행하는 구실로 이용되기보다는 공유의사결정(shared decision making)에 참여하기를 원한다^{38,41,43)}. 응급실 의사가 제공한 위험 및 편익에 관한 정보는 보호자의 단층촬영 선호 비율을 47%-48%에서 17%-40%로 낮출 수 있다^{39,40)}. 최근, 응급실 의사는 방사선위해에 관해 더 잘 알게 됐고, 이는 이 직종의 보호자 교육 역량이 향상됐음을 시사한다⁴⁴⁾. ciTBI의 검사 전 확률(중간위험군, 0.8%-0.9%)도 보호자의 불필요한 선호를 줄이는 데에

Table 6. Review of recent literature on need for follow-up CT and delayed neurosurgery in children with TBI*^{‡,§,¶,||}

Author	Study design and setting	Key finding	Follow-up CT	New lesion on follow-up CT	Delayed neurosurgery
Aziz et al. ²⁶⁾ , 2013	Retrospective, n = 291, age 2-18 y, TBI (MHI, 74.9%), 1 level-1 trauma center, in 2009-2011	Follow-up CT based on neurological decline is more associated with the need for delayed neurosurgery than routine follow-up CT	191 (65.6)	40 (13.7)	6 (2.1) [†]
Chern et al. ²⁷⁾ , 2014	Retrospective, n = 937, age ≤ 19 y, MHI (TBI, 84.3%), 1 center, in 2009-2013	Routine follow-up neuroimaging does not effectively identify TBI requiring delayed neurosurgery	219 (23.4)	NA	5 (0.5) [†]
Varano et al. ²⁸⁾ , 2015	Prospective, n = 54, age < 18 y, MHI + isolated cerebral contusion, 25 PECARN centers, in 2004-2006	Children with small isolated cerebral contusions after MHI are unlikely to require delayed neurosurgery	NA	NA	0 (0)
Lefort et al. ²⁴⁾ , 2017	Retrospective, n = 202, age ≤ 18 y, MHI + TBI, ED observation unit of 1 level-1 trauma center, in 2007-2010	Neurologically intact children with TBI on initial CT have a very low likelihood of requiring delayed neurosurgery	42 (20.8)	3 (1.5)	0 (0)
Patel et al. ²⁸⁾ , 2018	Retrospective, n = 116, age ≤ 16 y, MHI + intracerebral hemorrhage, 1 level-1 trauma center, in 2009-2015	Neurological decline is more accurate in predicting delayed neurosurgery than follow-up CT	69 (59.5)	9 (7.8) [§]	6 (5.2)

Values are expressed as numbers (%).

* Refer to the TBI defined in Appendix 1 (<https://doi.org/10.22470/pemj.2022.00437>) plus linear skull fracture.

† All had a Glasgow Coma Scale ≤ 8 at presentation (i.e., non-MHI) or underwent neurological decline.

‡ Except 4 children undergoing elective neurosurgery for incidental findings (e.g., tumor).

§ Of these, no one underwent delayed neurosurgery.

|| All underwent neurological decline, and forwent follow-up CTs.

CT: computed tomography, TBI: traumatic brain injury, MHI: minor head injury, PECARN: Pediatric Emergency Care Applied Research Network, ED: emergency department.

유용하다¹⁾. 한 설문연구에 따르면, 검사 전 확률이 5% 미만일 때 보호자의 단층촬영 선호도가 24%였지만, 5% 이상일 때는 37%–89%였다⁴³⁾.

ciTBI를 제외한 외상성 뇌손상(예: 관찰만 필요한 소량 경막하출혈)의 예후에 관한 정보를 공유하면, 신경외과 수술이 필요한 진단을 놓쳐 수술이 늦어질 수 있다는 두려움을 줄일 수 있다. 이러한 뇌손상은 24시간 이상 관찰해야 하지만, 임상증상이 악화하더라도 추적 단층촬영이 필요할 뿐 수술로 이어지는 경우는 드물다(Table 6)²⁴⁻²⁹⁾. 게다가, 나중에 수술이 필요하다고 밝혀진 환자는 응급실 방문 당시 글래스고혼수척도 8 이하(PECARN 규칙의 대상이 아님)이거나 신경학적으로 악화하는 경향을 보였다^{24,26-28)}. 최근 발표된 체계적문헌연구에 따르면, 선형 두개골골절 단독 환자 6,358명 중 0.1%의 추적 단층촬영에서 새 병소를 발견했고, 나중에 수술이 필요한 환자는 없었다⁴⁵⁾.

결론

경증두부외상 중간위험군 환자에서 단층촬영의 적응증은 다음과 같다(Fig. 1). 첫째, 중증손상기전 및 추가 1개 이상의 PECARN 변수 조합, 둘째, 응급실 방문 당시 또는 방문 후 2시간 관찰 중 임상증상 악화, 셋째, 나이 3개월 미만, 넷째, 보호자가 주치의의 설명에도 불구하고 단층촬영을 계속 원하거나, PECARN 규칙에 포함되지 않은 주요 증상을 동반한 경우이다. 이에 해당하지 않는 환자의 단층촬영에 관한 의사결정은 여전히 응급실 의사의 재량에 따른다. 중간위험군 환자의 위험도층화에 관한 본 중설을 통해, 응급실 의사가 ciTBI의 검사 전 확률이 높은 환자에 초점을 맞추어, 단층촬영을 보다 효율적으로 시행하게 되길 기대한다.

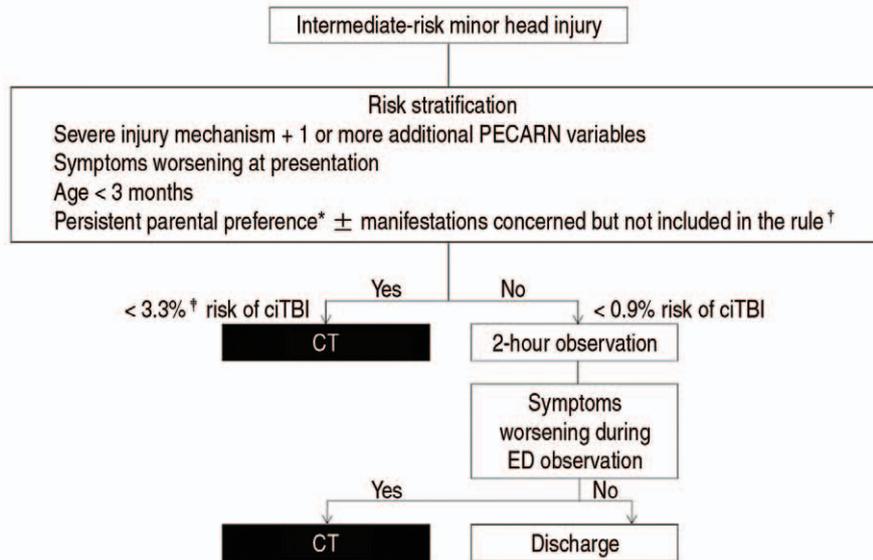


Fig. 1. An algorithm for risk stratification of intermediate-risk children with minor head injury.

* Ongoing parental concern after education on the risk and benefit of CT.

† Manifestations that are concerned but not included in the PECARN rule (e.g., vomiting in an infant).

† See details in Table 5.

PECARN: Pediatric Emergency Care Applied Research Network, ciTBI: clinically important traumatic brain injury, CT: computed tomography, ED: emergency department.

ORCID

Jung Heon Kim (<https://orcid.org/0000-0001-7303-0241>)

재정지원

본 저자는 이 논문과 관련된 재정지원을 받지 않았음.

이해관계

본 저자는 2014년부터 본지의 간사 또는 편집위원으로 재직하고 있으며, 이 논문의 심사에 관여하지 않았음. 그 외 이 논문과 관련된 이해관계가 없음.

감사의 글

본 저자는 *Pediatric Emergency Care*에 게재된 종설 (Pediatr Emerg Care 2020;36:e659-64)의 전문(全文) 한글판 이차출판을 허가하신 Gray Fleisher, Stephen Ludwig, 두 분 편집위원장께 지면을 빌어 심심한 감사를 표한다. 또한, 본 한글판 논문의 원문 작성 당시 노고와 조언과 격려를 아끼지 않았던 모든 공저자에게도 감사를 표한다.

References

1. Kuppermann N, Holmes JF, Dayan PS, Hoyle JD Jr, Atabaki SM, Holubkov R, et al. Identification of children at very low risk of clinically-important brain injuries after head trauma: a prospective cohort study. *Lancet* 2009;374:1160-70.
2. Babl FE, Borland ML, Phillips N, Kochar A, Dalton S, McCaskill M, et al. Accuracy of PECARN, CATCH, and CHALICE head injury decision rules in children: a prospective cohort study. *Lancet* 2017;389:2393-402.
3. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography--an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med* 2007;357:2277-84.
4. Stein SC, Hurst RW, Sonnad SS. Meta-analysis of cranial CT scans in children. A mathematical model to predict radiation-induced tumors. *Pediatr Neurosurg* 2008;44:448-57.

5. Bressan S, Steiner IP, Mion T, Berlese P, Romanato S, Da Dalt L. The Pediatric Emergency Care Applied Research Network intermediate-risk predictors were not associated with scanning decisions for minor head injuries. *Acta Paediatr* 2015;104:47-52.
6. Homme JJ. Pediatric minor head injury 2.0: moving from injury exclusion to risk stratification. *Emerg Med Clin North Am* 2018;36:287-304.
7. Nigrovic LE, Lee LK, Hoyle J, Stanley RM, Gorelick MH, Miskin M, et al. Prevalence of clinically important traumatic brain injuries in children with minor blunt head trauma and isolated severe injury mechanisms. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2012;166:356-61.
8. Lee LK, Monroe D, Bachman MC, Glass TF, Mahajan PV, Cooper A, et al. Isolated loss of consciousness in children with minor blunt head trauma. *JAMA Pediatr* 2014;168:837-43.
9. Dayan PS, Holmes JF, Schutzman S, Schunk J, Lichenstein R, Foerster LA, et al. Risk of traumatic brain injuries in children younger than 24 months with isolated scalp hematomas. *Ann Emerg Med* 2014;64:153-62.
10. Nishijima DK, Holmes JF, Dayan PS, Kuppermann N. Association of a guardian's report of a child acting abnormally with traumatic brain injury after minor blunt head trauma. *JAMA Pediatr* 2015;169:1141-7.
11. Dayan PS, Holmes JF, Atabaki S, Hoyle J Jr, Tunik MG, Lichenstein R, et al. Association of traumatic brain injuries with vomiting in children with blunt head trauma. *Ann Emerg Med* 2014;63:657-65.
12. Dayan PS, Holmes JF, Hoyle J Jr, Atabaki S, Tunik MG, Lichenstein R, et al. Headache in traumatic brain injuries from blunt head trauma. *Pediatrics* 2015;135:504-12.
13. Graham ID, Stiell IG, Laupacis A, O'Connor AM, Wells GA. Emergency physicians' attitudes toward and use of clinical decision rules for radiography. *Acad Emerg Med* 1998;5:134-40.
14. Eagles D, Stiell IG, Clement CM, Brehaut J, Taljaard M, Kelly AM, et al. International survey of emergency physicians' awareness and use of the Canadian Cervical-Spine Rule and the Canadian Computed Tomography Head Rule. *Acad Emerg Med* 2008;15:1256-61.
15. Ballard DW, Rauchwerger AS, Reed ME, Vinson DR, Mark DG, Offerman SR, et al. Emergency physicians' knowledge and attitudes of clinical decision support in the electronic health record: a survey-based study. *Acad Emerg Med* 2013;20:352-60.
16. Croskerry P. Clinical cognition and diagnostic error: applications of a dual process model of reasoning. *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 2009;14 Suppl 1:27-35.
17. Shaw K. To err is human, but our errors affect children how you reason reduces errors. In: *Proceedings of the Advanced Pediatric Emergency Medicine Assembly*; 2018 Mar 13-15; Lake Buena Vista, FL. Irving (TX): Americal College of Emergency Physicians; 2018. p. unknown.
18. Cheng CY, Pan HY, Li CJ, Chen YC, Chen CC, Huang YS, et al. Physicians' risk tolerance and head computed tomography use for pediatric patients with minor head injury. *Pediatr Emerg Care* 2021;37:e129-35.
19. Conrad HB, Hollenbach KA, Ratnayake K, Gehlbach DL, Carstairs KL. A specialized pediatric emergency medicine track decreases computed tomography in head injured patients. *Pediatr Emerg Care* 2019;35:506-8.
20. Wylie MC, Merritt C, Clark M, Garro AC, Rutman MS. Imaging of pediatric head injury in the emergency department. *Pediatr Emerg Care* 2014;30:680-5.
21. Ukwuoma OI, Allareddy V, Allareddy V, Rampa S, Rose JA, Shein SL, et al. Trends in head computed tomography utilization in children presenting to emergency departments after traumatic head injury. *Pediatr Emerg Care* 2021;37:e384-90.
22. Miescier MJ, Dudley NC, Kadish HA, Mundorff MB, Corneli HM. Variation in computed tomography use for evaluation of head injury in a pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care* 2017;33:156-60.
23. Corwin DJ, Durbin DR, Hayes KL, Zonfrillo MR. Trends in emergent head computed tomography utilization for minor head trauma after implementation of a clinical pathway. *Pediatr Emerg Care* 2021;37:437-41.
24. Lefort R, Hunter JV, Cruz AT, Caviness AC, Luerssen TG, Adekunle-Ojo A. Utility of emergency department observation units for neurologically intact children with head CT abnormalities secondary to acute closed head injury. *Pediatr Emerg Care* 2017;33:161-5.
25. Stippler M, Smith C, McLean AR, Carlson A, Morley S, Murray-Krezan C, et al. Utility of routine follow-up head CT scanning after mild traumatic brain injury: a systematic review of the literature. *Emerg Med J* 2012;29:528-32.
26. Aziz H, Rhee P, Pandit V, Ibrahim-Zada I, Kulvatunyou N, Wynne J, et al. Mild and moderate pediatric traumatic brain injury: replace routine repeat head computed tomography with neurologic examination. *J Trauma Acute Care Surg* 2013;75:550-4.
27. Chern JJ, Sarda S, Howard BM, Jea A, Tubbs RS, Brahma B, et al. Utility of surveillance imaging after minor blunt head trauma. *J Neurosurg Pediatr* 2014;14:306-10.
28. Patel SK, Gozal YM, Krueger BM, Bayley JC, Moody S, Andaluz N, et al. Routine surveillance imaging following mild traumatic brain injury with intracranial hemorrhage may not be necessary. *J Pediatr Surg* 2018;53:2048-54.
29. Varano P, Cabrera KI, Kuppermann N, Dayan PS. Acute outcomes of isolated cerebral contusions in children with Glasgow Coma Scale scores of 14 to 15 after blunt head trauma. *J Trauma Acute Care Surg* 2015;78:1039-43.

30. Hagiwara Y, Inoue N. The effect of an observation unit on pediatric minor head injury. *Pediatr Emerg Care* 2020;36:e564-7.
31. Schonfeld D, Fitz BM, Nigrovic LE. Effect of the duration of emergency department observation on computed tomography use in children with minor blunt head trauma. *Ann Emerg Med* 2013;62:597-603.
32. Hamilton M, Mrazik M, Johnson DW. Incidence of delayed intracranial hemorrhage in children after uncomplicated minor head injuries. *Pediatrics* 2010;126:e33-9.
33. Schutzman SA, Barnes P, Duhaime AC, Greenes D, Homer C, Jaffe D, et al. Evaluation and management of children younger than two years old with apparently minor head trauma: proposed guidelines. *Pediatrics* 2001;107:983-93.
34. Christian CW; Committee on Child Abuse and Neglect, American Academy of Pediatrics. The evaluation of suspected child physical abuse. *Pediatrics* 2015;135:e1337-54.
35. Greenes DS, Schutzman SA. Clinical indicators of intracranial injury in head-injured infants. *Pediatrics* 1999;104:861-7.
36. Rana KS, Behera MK, Adhikari KM. Ischemic stroke following mild head injury is it the cause. *Indian Pediatr* 2006;43:994-7.
37. Shaffer L, Rich PM, Pohl KR, Ganesan V. Can mild head injury cause ischaemic stroke? *Arch Dis Child* 2003;88:267-9.
38. Hartwig HD, Clingenpeel J, Perkins AM, Rose W, Abdullah-Anyiwo J. Parental knowledge of radiation exposure in medical imaging used in the pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care* 2013;29:705-9.
39. Karpas A, Finkelstein M, Reid S. Which management strategy do parents prefer for their head-injured child: immediate computed tomography scan or observation? *Pediatr Emerg Care* 2013;29:30-5.
40. Jeong JH, Lee JH, Kim K, Rhee JE, Kim TY, Jo YH, et al. Change in guardians' preference for computed tomography after explanation by emergency physicians in pediatric head injury. *Clin Exp Emerg Med* 2015;2:226-35.
41. Reilly C, Zhang N, Babcock L, Wade SL, Rhine T. Emergency department care of young children at risk for traumatic brain injury: what are we doing and do parents understand? *Pediatr Emerg Care* 2019;35:468-73.
42. Hess EP, Homme JL, Kharbanda AB, Tzimenatos L, Louie JP, Cohen DM, et al. Effect of the head computed tomography choice decision aid in parents of children with minor head trauma: a cluster randomized trial. *JAMA Netw Open* 2018;1:e182430.
43. Hull A, Friedman T, Christianson H, Moore G, Walsh R, Wills B. Risk acceptance and desire for shared decision making in pediatric computed tomography scans: a survey of 350. *Pediatr Emerg Care* 2015;31:759-61.
44. Boutis K, Thomas KE. Radiation dose awareness and disclosure practice in paediatric emergency medicine: how far have we come? *Br J Radiol* 2016;89:20160022.
45. Donaldson K, Li X, Sartorelli KH, Weimersheimer P, Durham SR. Management of isolated skull fractures in pediatric patients: a systematic review. *Pediatr Emerg Care* 2019;35:301-8.