

원저

한국 소아청소년에서 알라닌 아미노산 전달효소와 심혈관대사 위험인자의 관련성

성윤수, 장유진, 이정아

울산대학교 의과대학 서울아산병원 가정의학과

Relationship Between Elevated Alanine Aminotransferase and Cardiometabolic Risk Factors in Korean Pediatric and Adolescent

Yoonsoo Sung, Yujin Chang, Jung Ah Lee

Department of Family Medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Obesity can lead to hepatic steatosis and inflammation, resulting in elevated alanine aminotransferase (ALT) levels. Although a previous study reported a high prevalence of elevated ALT in obese individuals, few studies have examined its relationship with cardiometabolic risk factors in Korean adolescents. This study investigated the association between elevated ALT levels and cardiometabolic risk in Korean adolescents.

Methods: Data were analyzed from 1,660 adolescents (905 boys and 755 girls; aged 10–18 years) who participated in KNHANES VIII (2019–2021). Cardiometabolic risk factors—including body mass index (BMI), waist circumference (WC), blood pressure, fasting glucose, and lipid profile—were measured. Elevated ALT was defined as ≥ 24.1 U/L for boys and ≥ 17.7 U/L for girls. Overweight and obesity were defined as BMI ≥ 85 th and ≥ 95 th percentiles, respectively, according to the 2017 Korean National Growth Charts. Statistical analyses accounted for sampling weights and complex sample design.

Results: Among participants, 164 (9.1%) were classified as overweight and 266 (16.6%) as obese. Systolic blood pressure and triglyceride levels were higher in both boys and girls with elevated ALT levels. After adjusting for age, residential area, household income, alcohol consumption and BMI, boys with elevated ALT had higher odd of diastolic blood pressure (OR 1.89; 95% CI, 1.11 to 3.23, $P = 0.017$) and hypertriglyceridemia (OR 1.65; 95% CI, 1.00 to 2.73, $P = 0.048$). In girls, elevated ALT was associated with elevated systolic blood pressure (OR 2.94; 95% CI, 1.44 to 6.01, $P = 0.003$) and hypertriglyceridemia (OR 1.92; 95% CI, 1.04 to 3.54, $P = 0.037$).

Conclusion: Elevated ALT levels were associated with elevated diastolic blood pressure and triglycerides in boys, and with elevated systolic blood pressure and triglyceride in girls.

Keywords: Adolescents, Alanine aminotransferase, Metabolic syndrome, Cardiometabolic risk factors

Received March 1, 2025

Revised April 23, 2025

Accepted May 29, 2025

Corresponding author

Jung Ah Lee

Department of Family Medicine,
Asan Medical Center, University of Ulsan
College of Medicine, 88 Olympic-ro 43-
gil, Songpa-gu, Seoul 05505, Korea

Tel: +82-2-3010-3809

E-mail: ljunga00@naver.com



서론

전세계 소아청소년들의 비만은 꾸준히 증가하는 추세이다.¹ 소아청소년 비만은 성인 비만으로 이어지며, 성인기의 심혈관 대사 질환의 발생 위험을 증가시키고, 사망률을 높이는 것으로 알려져 있다.² 우리나라 청소년건강행태 조사에 따르면, 비만 유병률은 남학생은 2014년 8.5%에서 2023년 14.9%, 여학생은 2014년도 5.2%에서 2023년도에 8.9%로 전반적으로는 증가하는 양상을 보이고 있다.³

비만, 특히 복부 비만의 경우는 인터루킨-6 (interleukin-6, IL-6)와 종양 괴사 인자(tumor necrosis factor- α , TNF- α)와 같은 염증성 사이토카인, 렙틴과 아디포넥틴에 의해 만성적인 염증상태를 일으키게 되며 이는 지방간(hepatic steatosis)을 일으킬 수 있다. 이렇게 손상된 간에서는 염증성 및 비염증성 사이토카인이 방출되고, 체내 항상성이 교란되며 이로 인해 간세포 손상은 더 가속화되어 간 대사 능력 역시 떨어진다.⁴ 소아에서도 비만은 알라닌 아미노전달효소(alanine aminotransferase, ALT) 상승을 특징으로 하는 비알코올성 지방간질환(nonalcoholic fatty liver disease, NAFLD)의 위험을 증가시킨다.⁵ 소아 비만의 유병률이 증가함에 따라, 비알코올성 지방간질환은 소아 간질환의 많은 원인 중 하나가 되었으며 이는 대사 증후군의 일부로 간주되기도 한다.^{6,7}

이전 연구에서는 ALT 상승이 대사 증후군 여부와 무관하게 심혈관 질환의 발병 위험을 증가시킨다는 것을 보여주었다.^{8,9} 상승된 ALT 수치와 심혈관 질환으로 인한 사망률 사이의 관계는 명확하게 밝혀지지는 않았으나, 혈관내피기능 장애, 인슐린 저항성, 염증 및 산화 스트레스와 관련되어 심혈관 질환의 위험이 증가하는 것으로 생각하고 있다.⁹ 청소년 대상으로 시행된 이전 해외 연구에서 상승된 ALT로 비알코올성 지방간질환 여부를 예측하고 심혈관계 질환 위험 인자와의 연관성에 대해 진행된 바가 있으나, 우리나라에서는 소아청소년 대상의 관련 연구가 부족한 상태이다.¹⁰ 본 논문은 우리나라 소아청소년을 대상으로 ALT 상승과 심혈관 대사 위험 인자와의 관계를 보고자 한다.

방법

1. 조사 대상

본 연구는 질병관리본부에서 2019년부터 2021년까지 조사한 제8기 우리나라 국민건강영양조사(Korea National Health and Nutrition Examination Survey, KNHANES)에서 혈액검사를 시행한 만 10세부터 만 18세까지 해당하는 소아청소년 자료를 활용하여 연구를 진행하였다. 제8기 국민건강영양조사는 총 22,559명을 조사하였으며, 이 중 만 10세에서 만 18세에 해당하는 소아청소년은 2019

년 723명, 2020년 608명, 2021년 588명이었다. 총 1,949명 중 혈액검사 결과가 없는 249명을 비롯하여 B형 간염 항원 양성 혹은 C형 간염 항체 양성인 10명을 제외한 1,660명을 분석에 포함하였다. KNHANES 데이터는 <https://knhanes.kdca.go.kr/knhanes/main.do>에서 확인할 수 있으며, 2007년부터 매년 질병관리본부 연구윤리심의위원회의 심의 및 승인을 받고 있으며 공공에 공개된 자료를 활용하여 본 연구를 진행하였다(제8기 국민건강영양조사 승인번호, 2018-01-03-3C-A & 2018-01-03-5C-A).

2. 조사 방법

전문조사원이 개별면접을 시행하여 나이, 성별, 지역, 가구 소득수준 등을 조사하였으며, 음주 빈도 등의 건강행태는 대상자가 직접 설문 작성하였다. 음주빈도는 만 12세 이상에서 조사하였으며, 최근 1년간의 음주빈도를 1) 전혀 마시지 않았다, 2) 월 1회 미만, 3) 월 1회 이상, 4) 월 2-4회, 5) 주 2-3회 정도, 6) 주 4회 이상으로 나누어 응답하였다. 검진조사는 신체계측, 혈압측정, 혈액검사 등을 평가하였으며, 혈액검사는 만 10세 이상에서 시행하였다. 가구 소득수준은 최근 1년 동안의 가구 총 소득을 가구원의 평균근으로 나눈 값으로 산출하여 사분위수로 구분하였다. 혈압은 혈압측정 담당 간호사가 직접 혈압 측정을 실시하였다. 신체계측은 검진가운을 착용하고 시행하였으며, 키 간격 0.1 cm, 체중 간격 0.1 kg으로 키와 체중을 측정하였다. 허리둘레는 서있는 자세에서 윗옷을 올려서 고정시키고, 마지막 늑골 하단 부분과 장골 상단 부분의 중간 부위를 지면과 수평으로 하여 0.1 cm 간격으로 측정하였다. 체질량지수는 체중(kg)/키² (m²)으로 산출하였다.

3. ALT 상승 및 심혈관대사 위험인자의 정의

ALT는 선행 연구에서 제시한 남학생 24.1 U/L, 여학생 17.7 U/L를 기준으로 그 이상인 경우 높은 ALT 수치로 분류하였다.¹¹ 과체중은 2017 소아청소년 성장 도표 바탕으로 성별, 연령을 기준으로 체질량지수가 85퍼센타일 이상인 경우로, 비만은 95퍼센타일 이상인 경우로 정의하였다. 고혈압은 만 12세까지는 측정된 혈압이 키의 퍼센타일을 감안하여 95퍼센타일 이상인 경우로, 13세부터는 수축기압은 130 mmHg 이상, 이완기압 80 mmHg 이상인 경우로 정의하였다.¹² 공복혈당의 경우 100 mg/dl 이상인 경우를 상승된 것으로 분류하였으며, 전체 콜레스테롤은 200 mg/dl 이상, 중성지방은 130 mg/dl 이상일 경우 높은 것으로 정의하였다. 고밀도 콜레스테롤이 40 mg/dl 미만일 경우 낮다고 정의하였다.¹³

4. 통계 분석

본 연구에서 자료 분석은 SPSS 27버전(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하였다. 통계 분석에서는 표본 가중치와 복합 표본 설계를 반영하여 분석을 수행하였다. 모든 통계 분석은 가중치를 활용하여 분석하였으며 조사대상자의 수를 고려하여 범주형 변수는 가중치를 두지 않은 실제 응답자 수와 가중치를 둔 분율로 표기하였고, 연속형 변수는 가중치를 적용한 평균값과 표준오차 또는 95% 신뢰구간(confidence interval, CI)로 표기하였다. ALT 상승과 관련이 있는 심혈관 대사 질환의 위험인자를 확인하기 위해 로지스틱 회귀분석을 시행하여 오즈비(odds ratio, OR)와 95% 신뢰구간으로 나타냈다. 로지스틱 회귀분석은 나이를 보정한 분석(Model 1)과 나이, 성별, 거주지역, 및 가구 소득수준을 보정한 다변수 분석(Model 2)을 시행하였다. 또한 체질량지수에 독립적인 관계를 가지는지 확인하기 위하여 나이, 거주지역, 가구 소득수준, 음주빈도 및 체질량지수를 보정한 모델(Model 3)도 함께 제시하였다. 음주빈도 보정 시 만 10–12세군은 조사 비대상군으로 음주를 하지 않는 것으로 간주하였다. 성별에 따른 키, 체중 퍼

센타일 및 ALT 상승 기준의 차이를 고려하여 모든 분석은 남녀로 나누어 시행하였으며, 통계적 유의 수준은 P-value <0.05로 하였다.

결 과

1. 대상자의 일반적 특성

표 1에 대상자의 일반적 특성을 제시하였다. 전체 학생의 평균 나이 및 표준오차는 14.2 ± 0.1 세였으며, 전체 평균 체질량지수는 $21.4 \pm 0.2 \text{ kg/m}^2$ 였다. 남학생의 경우 평균 체질량지수는 $22.2 \pm 0.2 \text{ kg/m}^2$, 여학생은 $20.5 \pm 0.2 \text{ kg/m}^2$ 였다. 허리 둘레 평균은 전체 $72.3 \pm 0.4 \text{ cm}$ 였으며 수축기 혈압은 $108.6 \pm 0.4 \text{ mmHg}$, 이완기 혈압 $67.2 \pm 0.3 \text{ mmHg}$ 이었다. 공복혈당은 평균 $92.5 \pm 0.3 \text{ mg/dl}$, 중성지방 평균 $88.2 \pm 1.6 \text{ mg/dl}$, 고밀도 콜레스테롤은 평균 $51.9 \pm 0.3 \text{ mg/dl}$, AST는 평균 $21.6 \pm 0.3 \text{ U/L}$, ALT는 평균 $18.1 \pm 0.5 \text{ U/L}$ 였다. 연구에 참여한 학생들 중 체질량지수의 85퍼센타일에서 95퍼센타일 사이의 과체중에 해당하는 경우는 164명으로 전체의 9.1%였으며, 95퍼

표 1. Basic characteristics of study subjects

	Total (n = 1,660)	Boys (n = 905)	Girls (n = 755)
	Mean (SE)		
Age (years)	14.2 (0.1)	14.2 (0.1)	14.1 (0.1)
BMI (kg/m^2)	21.4 (0.2)	22.2 (0.2)	20.5 (0.2)
Waist circumference (cm)	72.3 (0.4)	75.9 (0.5)	68.3 (0.4)
Systolic blood pressure (mmHg)	108.6 (0.4)	111.3 (0.5)	105.6 (0.4)
Diastolic blood pressure (mmHg)	67.2 (0.3)	67.4 (0.4)	67.0 (0.4)
Fasting glucose (mg/dl)	92.5 (0.3)	93.3 (0.3)	91.7 (0.4)
Triglycerides (mg/dl)	88.2 (1.6)	87.8 (2.1)	88.6 (2.1)
HDL cholesterol (mg/dl)	51.9 (0.3)	50.2 (0.4)	53.8 (0.5)
AST (IU/L)	21.6 (0.3)	23.6 (0.5)	19.5 (0.3)
ALT (IU/L)	18.1 (0.5)	22.0 (0.8)	13.9 (0.6)
	N (%)		
Household income ^a			
1st quartile	147 (8.9)	78 (8.9)	69 (8.8)
2nd quartile	453 (26.7)	248 (26.6)	205 (26.9)
3rd quartile	560 (34.4)	311 (34.5)	249 (33.9)
4th quartile	496 (30.0)	266 (30.0)	230 (30.4)
Presence of obesity			
Normal	1230 (74.3)	640 (70.5)	590 (78.6)
Overweight	164 (9.1)	97 (9.9)	67 (8.1)
Obesity	266 (16.6)	168 (19.6)	98 (13.3)

Values are presented as mean (standard error) or number (%).

^aHousehold income was categorized into quartiles based on survey year - specific income distribution.

Abbreviations: BMI, body mass index; HDL, High-density lipoprotein cholesterol; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; SE, standard error.

센타일 이상은 비만으로 266명, 16.6%를 차지하였다.

2. 청소년에서 상승된 ALT와 심혈관 대사 위험인자 간 연관성

표 2는 청소년에서 ALT 상승 여부에 따른 각 심혈관 대사 위험인자의 평균값과 95% 신뢰구간을 표시하였다. 남학생과 여학생에서 각각 24.1 U/L, 17.7 U/L의 기준을 두고 그 이상인 경우를 ALT가 상승된 그룹, 그 미만인 경우를 상승되지 않은 그룹으로 분류하였다. 항목 중에서는 수축기 혈압과 중성지방의 경우는 남학생과 여학생 모두 신뢰구간이 겹치지 않으며, ALT가 높은 군에서 더 높은 평균값을 보였다. 남학생에서 ALT 상승되지 않은 그룹의 수축기 혈압 평균과 95% 신뢰구간은 109.9 mmHg (108.8–110.9 mmHg)였다. ALT 상승된 남학생 그룹에서는 115.6 mmHg (113.7–117.4 mmHg)였다. 여학생의 경우도 ALT 상승되지 않은 그룹의 수축기 혈압 평균은 104.9 mmHg (104.1–105.7 mmHg)이며, ALT 상승 그룹은 평균 109.6 mmHg (107.3–112.0 mmHg)였다. 중성 지방도 ALT 상승 여부에 따라 차이가 났으며, 남녀 모두 각 그룹 평균 차이가 20 mg/dl 이상의 차이가 확인되었다. 고밀도 콜레스테롤의 경우 남학생과 여학생 모두 ALT가 높은 그룹에서 더 낮은 평균값을 보였다. 이 외에 다른 항목에서도, ALT가 상승된 그룹에서 상승되지 않은 그룹보다 평균값이 높은 것으로 나타났다.

표 3에는 ALT 수치 상승과 각 심혈관 대사 위험인자 간의 연관성

을 로지스틱 회귀 분석으로 정리해 두었다. Model 1은 연령을 보정하였으며, Model 2는 나이, 거주지역 및 가구소득을 보정, Model 3는 나이, 거주지역, 가구소득, 음주 횟수 및 체질량지수를 보정한 모델이다. Model 2에서 ALT 상승이 남학생 및 여학생의 대부분의 심혈관 대사 위험인자와 유의미한 상관관계가 있었다. 남학생에서 ALT 상승군에서 높은 수축기 및 이완기 혈압의 오즈비가 각각 2.3배(OR 2.33; 95% CI, 1.18 to 4.58) 및 1.8배(OR 1.81; 95% CI, 1.08 to 3.03)로 나타났다. 고콜레스테롤혈증의 오즈비가 1.9배(OR 1.88; 95% CI, 1.04 to 3.41), 고중성지방혈증의 오즈비가 3.5배(OR 3.47; 95% CI, 2.31 to 5.22)로 나타났다. 여학생에서는 ALT 상승군에서 공복 혈당장애, 높은 중성지방, 낮은 고밀도 콜레스테롤에만 각각 오즈비가 2.6배(OR 2.59; 95% CI, 1.42 to 4.73), 약 3배(OR 3.13; 95% CI, 1.85 to 5.32) 및 오즈비 4.6배(OR 4.63; 95% CI, 2.20 to 9.78)였다. 음주 횟수와 체질량지수가 추가 보정된 Model 3에서는 많은 심혈관 대사 위험인자에서 연관성이 유지되지 않았다. 남학생에서 ALT 상승군에서 높은 이완기 혈압의 오즈비가 체질량지수 보정 후에도 유지되었으며(OR 1.89; 95% CI, 1.11 to 3.23), 고중성지방혈증의 오즈비가 약 1.6배 이상으로 유지되었다(OR 1.65; 95% CI, 1.00 to 2.73). 여학생에서는 ALT 상승군에서 높은 수축기혈압 및 높은 중성지방의 오즈비가 각각 2.9배(OR 2.94; 95% CI, 1.44 to 6.01) 및 1.9배(OR 1.92; 95% CI, 1.04 to 3.54)였다.

표 2. Mean value of cardiometabolic risk factors according to elevated ALT

Elevated ALT		Systolic blood pressure (mmHg)	Diastolic blood pressure (mmHg)	Fasting glucose (mg/dL)
		Mean (95% CI)		
Total	No	107.4 (106.7–108.2)*	66.8 (66.1–67.4)*	92.1 (91.6–95.5)
	Yes	113.6 (112.2–115.1)*	69.2 (67.9–70.5)*	94.5 (92.9–96.3)
Boys	No	109.9 (108.8–110.9)*	66.7 (65.8–67.6)*	93.0 (92.4–93.7)
	Yes	115.6 (113.7–117.4)*	69.7 (68.0–71.3)*	93.9 (92.4–95.3)
Girls	No	104.9 (104.1–105.7)*	66.8 (66.0–67.6)	91.1 (90.4–91.7)
	Yes	109.6 (107.3–112.0)*	68.1 (66.2–70.1)	95.8 (91.4–100.3)
Elevated ALT		Total cholesterol (mg/dL)	Triglyceride (mg/dL)	HDL cholesterol (mg/dL)
		Mean (95% CI)		
Total	No	162.5 (160.8–164.2)*	83.2 (80.2–86.2)*	52.8 (52.1–53.5)
	Yes	169.8 (165.3–174.3)*	110.6 (102.3–118.8)*	47.9 (46.7–49.2)
Boys	No	157.8 (155.5–160.0)*	80.6 (76.7–84.5)*	51.2 (50.2–52.2)
	Yes	170.5 (165.0–175.9)*	111.8 (101.8–121.9)*	47.0 (45.7–48.2)
Girls	No	167.1 (164.9–169.3)	85.7 (81.6–89.8)*	54.4 (53.4–55.3)
	Yes	168.4 (161.6–175.2)	108.0 (94.6–121.4)*	49.9 (47.7–52.2)

Values are presented as mean (95% confidence interval).

*P-value < 0.05.

Abbreviations: HDL, high-density lipoprotein cholesterol; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; CI, confidence interval.

표 3. Logistic regression analysis for cardiometabolic risk factors according to elevated ALT

		High SBP			High DBP			Impaired fasting glucose		
		OR	95% CI	P-value	OR	95% CI	P-value	OR	95% CI	P-value
Boys	Model 1	2.42	1.26–4.63	0.008	1.90	1.13–3.17	0.015	1.39	0.86–2.25	0.181
	Model 2	2.33	1.18–4.58	0.014	1.81	1.08–3.03	0.024	1.38	0.86–2.22	0.187
	Model 3	1.78	0.79–4.03	0.165	1.89	1.11–3.23	0.019	1.04	0.58–1.86	0.902
Girls	Model 1	1.88	0.64–5.55	0.251	1.28	0.60–2.75	0.523	2.52	1.36–4.65	0.003
	Model 2	1.87	0.64–5.49	0.252	1.30	0.61–2.78	0.503	2.59	1.42–4.73	0.002
	Model 3	2.94	1.44–6.01	0.003	1.77	0.81–3.89	0.155	1.51	0.80–2.84	0.201

		High total cholesterol			High triglyceride			Low HDL cholesterol		
		OR	95% CI	P-value	OR	95% CI	P-value	OR	95% CI	P-value
Boys	Model 1	2.01	1.11–3.62	0.021	3.55	2.37–5.32	<0.001	1.49	0.88–2.53	0.136
	Model 2	1.88	1.04–3.41	0.037	3.47	2.31–5.22	<0.001	1.52	0.90–2.57	0.117
	Model 3	1.22	0.60–2.47	0.579	1.65	1.00–2.73	0.048	0.57	0.28–1.15	0.119
Girls	Model 1	1.63	0.84–3.15	0.147	3.13	1.85–5.31	<0.001	4.65	2.20–9.83	<0.001
	Model 2	1.65	0.85–3.20	0.138	3.13	1.85–5.32	<0.001	4.63	2.20–9.78	<0.001
	Model 3	1.49	0.70–3.17	0.300	1.92	1.04–3.54	0.037	2.03	0.74–5.56	0.170

Values are presented as odds ratio (95% confidence interval).

Logistic regression analysis was conducted using three models: Model 1; adjusted for age, Model 2; adjusted for age, region, and household income, Model 3; adjusted for age, household income, region, frequency of drinking, and body mass index (BMI).

Abbreviations: SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; HDL, high-density lipoprotein; OR, odds ratio; CI, confidence interval.

고찰

본 연구는 2019년부터 2021년까지 국민건강영양조사에 참여한 소아청소년을 대상으로 혈중 ALT 상승이 심혈관대사 위험 인자와의 관련성을 평가하였다. 음주 횟수 및 체질량지수까지 보정한 다변수 로지스틱 회귀 분석 결과에서 ALT 상승은 남녀 모두에서 중성지방의 상승, 남학생에서는 이완기 혈압, 여학생에서는 수축기 혈압의 상승과 연관성이 있음을 보였다.

기존 여러 연구에서 알려진 바와 같이 체질량지수의 증가는 ALT 상승의 가장 주요한 원인이다.^{14–16} 본 연구와 유사하게 국민건강영양조사 자료를 사용하여 12–18세의 청소년을 분석한 연구에서는, 비만한 청소년에서 ALT 상승의 위험은 15배, 과체중인 청소년의 경우에는 4배 정도로 보고하고 있다.¹⁷

또한 이전 국민건강영양조사 자료를 활용한 국내 연구에서는, ALT 40 U/L 이상을 기준으로 대사증후군 위험 요인 개수에 따라 ALT 상승 위험이 점진적으로 증가하는 양상이 보고되었다. 이는 ALT가 대사 위험의 누적 정도를 반영할 수 있다는 가능성을 제시한다.¹⁸ 이와 더불어, 서울 지역 12–13세 청소년을 대상으로 한 단면 연구에서는 허리둘레-신장비율, 수축기 혈압, 인슐린 저항성이 ALT 수치와 독립적인 관련성을 보였다고 보고되었다.¹⁹ 이는 ALT가 대사이상 조기 선별의 지표로 활용될 수 있음을 시사한다.

비만과 관련된 만성적 염증은 지방간(hepatic steatosis)을 일으키며, 비만한 소아청소년에서도 ALT 상승을 보이는 비알코올성 지방간의 발생 위험이 증가할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 나이, 사회경제적 상태, 음주빈도와 더불어 체질량지수를 보정한 후에도 ALT 상승이 심혈관 대사질환 위험인자와 관련이 있음을 보여준다. 한편, 복부비만을 반영하는 허리 둘레는 ALT와 관련성이 있는 변수로 잘 알려져 있으나, 체질량지수와 높은 상관관계를 갖기 때문에 모델 내 다중 공선성을 고려하여 회귀분석에서는 포함하지 않았다. 본 연구에서는 대표적인 체지방 지표인 body mass index (BMI)를 보정 변수로 사용하여, ALT 수치의 독립적인 의미를 평가하고자 하였다.

이는 이전 홍콩에서 시행한 12세부터 18세 청소년 대상의 코호트 연구와 유사한 결과를 보이고 있다. 이 연구에서는 나이와 비만도를 보정한 후에도 ALT가 75퍼센타일 이상으로 높은 그룹에서 남학생에서는 이완기 혈압과 인슐린 저항성이 유의하게 높았으며, 여학생에서는 공복 중성지방과 HOMA-beta 상승과 관련이 있었다.²⁰ 해당 연구와 달리 본 연구에서는 혈중 인슐린이나 HOMA-beta를 측정하지 않았으므로, 결과의 직접적인 비교는 어렵다. 다만, ALT의 상승이 혈압의 상승 및 중성지방의 상승과 관련이 있음은 동일하게 확인할 수 있었다. NAFLD가 대사 증후군의 표현형으로 간주되며^{6,7,21} 인슐린 저항성과 밀접한 관련이 있는 것으로 볼 때,^{22,23} ALT의 상승은 공복 혈당의 상승과도 연관성이 있을 것으로 예상하였으나, 본 연구에서도 혈당 상승과

는 유의미한 관련이 없는 것으로 나타났다. 이는 초기 단계의 인슐린 저항성에서는 공복혈당이 정상 범위에 있을 수도 있어, 인슐린 저항성을 민감하게 반영하지 못한 것으로 생각된다.

Hoorn study에서는 ALT 상승이 대사증후군 및 심혈관 대사 위험 인자와 연관되어 있으며, 체질량지수, 허리 둘레, 총 콜레스테롤, 중성 지방, 공복 혈당을 보정한 후에도 연관성이 지속된다고 보고하였다. 이는 NAFLD가 단순히 대사증후군의 결과물이 아니라, 심혈관 질환 위험을 증가시키는 또 다른 요인일 가능성을 보여준다.⁹ 또한, Hoorn study에서 ALT 상승은 낮은 정도의 전신 염증 상태와 관련이 있으며, 이를 심혈관 질환과의 연관성을 설명하는 기전 중 하나로 제시하였다. 실제로 ALT 가 높은 대상자가 C-반응 단백 수치(CRP)가 더 높은 경향을 보였으며, CRP는 심혈관 질환의 독립적인 위험 요인으로 알려져 있다. 이러한 기전을 고려할 때, ALT 상승이 단순히 대사에만 영향을 주는 것이 아니라, 심혈관계에도 영향을 줄 수 있음을 알 수 있다.⁹

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 먼저 본 연구는 단면연구로서 인과관계를 평가할 수 없다는 한계점이 있다. 두 번째로, 본 연구에서는 공복 혈당만을 사용하여 인슐린 저항성을 평가하여, 인슐린 저항성을 보다 민감하게 반영할 수 있는 추가적인 지표를 분석하지 못하였다. 마지막으로, 음주력 등은 국민건강영양조사에서 만 12세 미만에서는 설문하지 않았기 때문에, 회귀 분석 시 보정 변수인 음주빈도를 만 12세 미만에서는 '음주하지 않은 것'으로 간주하였다. 이는 실제 해당 연령군의 음주빈도를 과소 추정하였을 가능성이 있다. 이러한 제한점에도 불구하고, 본 연구는 국민건강자료조사를 사용하여 대표성 있는 한국 소아청소년을 대상으로 ALT의 상승과 심혈관 대사 위험인자의 관련성을 평가하였다는 장점이 있다. 이와 더불어 이전 선행 연구에서는 성인과 동일하게 ALT 상승의 절단점을 제시한 것과 달리, 본 연구는 대사증후군이 없는 정상 청소년의 ALT의 95퍼센타일 값을 기반으로 기준으로 사용하여 ALT 그룹을 나누었다.¹¹ 이를 통해 ALT 상승과 심혈관 대사 위험인자 간의 연관성을 더 신뢰성 있게 평가할 수 있으며, 임상적 유용성이 높은 기준을 사용함으로써 본 연구 결과의 타당성을 강화하였다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 ALT 상승이 심혈관 대사 위험요인들과 유의한 관련성을 보였다. 다변수 분석에서는 BMI를 보정한 이후에는 일부 관련성이 약화되었으나, 이는 ALT 상승이 체중과 긴밀하게 연결된 생리학적 반응임을 시사한다. 그럼에도 불구하고, ALT는 간단한 혈액 검사로 조기에 이상을 감지할 수 있는 지표로서, 소아청소년기 대사 건강의 이상을 의심할 수 있는 신호 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 이와 더불어 향후 HOMA-IR과 같은 정밀한 인슐린 저항성 지표를 활용한 연구가 필요하며, 이를 통해 ALT 상승과 심혈관 대사 위험 인자 간의 관계를 보다 명확히 밝힐 수 있을 것이다.

이해충돌

이 논문에는 이해관계 충돌의 여지가 없음.

연구비 수혜

이 논문은 2025년 과기정통부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2024-00457381).

ORCID

Yoonsoo Sung	https://orcid.org/0009-0003-5688-4589
Yujin Chang	https://orcid.org/0000-0002-2724-4350
Jung Ah Lee	https://orcid.org/0000-0003-3125-7805

참고문헌

1. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in underweight and obesity from 1990 to 2022: a pooled analysis of 3663 population-representative studies with 222 million children, adolescents, and adults. *Lancet* 2024;403:1027-50.
2. Sommer A, Twig G. The impact of childhood and adolescent obesity on cardiovascular risk in adulthood: a systematic review. *Curr Diab Rep* 2018;18:91.
3. Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA). Youth health behavior survey statistics [Internet]. KDCA. 2024 [cited 2024 Oct 15]; Available from: <https://www.kdca.go.kr/yhs/>
4. Assunção SNF, Sorte NCB, Alves CD, Mendes PSA, Alves CRB, Silva LR. Nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD) pathophysiology in obese children and adolescents: update. *Nutr Hosp* 2017;34:727-30.
5. Putri RR, Casswall T, Hagman E. Prevalence of increased transaminases and its association with sex, age, and metabolic parameters in children and adolescents with obesity – a nationwide cross-sectional cohort study. *BMC Pediatr* 2021;21:271.
6. Wu S, Darbinian J, Ramalingam N, Greenspan L, Lo J. OR20-3 the relationship of obesity severity, triglycerides, and elevated alt levels in adolescents. *J Endocr Soc* 2019;3(Suppl 1):OR20-3.
7. Patel P, Patel N. Cardiometabolic risk factors in asymptomatic school children: significance of redefining alt limits. *J Clin Exp Gastroenterol* 2015;5:S22-3.
8. Yun KE, Shin CY, Yoon YS, Park HS. Elevated alanine aminotransferase levels predict mortality from cardiovascular disease and diabetes in Koreans. *Atherosclerosis* 2009;205:533-7.

9. Schindhelm RK, Dekker JM, Nijpels G, et al. Alanine aminotransferase predicts coronary heart disease events: a 10-year follow-up of the Hoorn Study. *Atherosclerosis* 2007;191:391–6.
10. Kelishadi R, Qorbani M, Heshmat R, et al. Association of alanine aminotransferase concentration with cardiometabolic risk factors in children and adolescents: the CASPIAN-V cross-sectional study. *Sao Paulo Med J* 2018;136:511–9.
11. Kang Y, Park S, Kim S, Koh H. Normal serum alanine aminotransferase and non-alcoholic fatty liver disease among Korean adolescents: a cross-sectional study using data from KNHANES 2010–2015. *BMC Pediatr* 2018;18:215.
12. Riley M, Hernandez AK, Kuznia AL. High blood pressure in children and adolescents. *Am Fam Physician* 2018;98:486–94.
13. Park SJ. Diagnosis and treatment of dyslipidemia in children and adolescents. *J Korean Med Assoc* 2024;67:348–54.
14. Yun HE, Ryu SY, Kang MG, Park J, Kim KS. Association of body mass index and abnormal liver function in the general population of Korea. *Med J Chosun Univ* 2005;30:40–52.
15. Ding Z, Zhang J, Deng CY, You YB, Zhou H. Association of body mass index with serum alanine aminotransferase in Chinese adolescents: a school-based cross-sectional study. *Gastroenterol Rep (Oxf)* 2019;8:119–24.
16. Bekkelund SI. Serum alanine aminotransferase activity and risk factors for cardiovascular disease in a Caucasian population: the Tromsø study. *BMC Cardiovasc Disord* 2021;21:29.
17. Ryu B, Huh Y, Park HS. Prevalence and risk factors of elevated alanine aminotransferase in Korean adolescents. *Korean J Fam Pract* 2022;12:86–92.
18. Park HS, Han JH, Choi KM, Kim SM. Relation between elevated serum alanine aminotransferase and metabolic syndrome in Korean adolescents. *Am J Clin Nutr* 2005;82:1046–51.
19. Kim KE, Baek KS, Han S, Kim JH, Shin YH. Serum alanine aminotransferase levels are closely associated with metabolic disturbances in apparently healthy young adolescents independent of obesity. *Korean J Pediatr* 2019;62:48–54.
20. Kong AP, Choi KC, Cockram CS, et al. Independent associations of alanine aminotransferase (ALT) levels with cardiovascular risk factor clustering in Chinese adolescents. *J Hepatol* 2008;49:115–22.
21. Marchesini G, Brizi M, Bianchi G, et al. Nonalcoholic fatty liver disease: a feature of the metabolic syndrome. *Diabetes* 2001;50:1844–50.
22. Schwimmer JB, Deutsch R, Rauch JB, Behling C, Newbury R, Lavine JE. Obesity, insulin resistance, and other clinicopathological correlates of pediatric nonalcoholic fatty liver disease. *J Pediatr* 2003;143:500–5.
23. Sanyal AJ, Campbell-Sargent C, Mirshahi F, et al. Nonalcoholic steatohepatitis: association of insulin resistance and mitochondrial abnormalities. *Gastroenterology* 2001;120:1183–92.