

성장판 자극기기가 인체의 키 변화에 미치는 영향

조춘남, 명재신 

¹ 한국폴리텍대학교 홍성캠퍼스 전기과

² 경기대학교 성장발달연구소

Effects of Growth Plate Stimulation Machine on Height Change in Human Body

Choon-Nam Cho and Jae-Sin Myung

¹ Department of Electric Engineering, Korea Polytechnic Colleges (Hongseong Campus), Hongseong 32244, Korea

² Growth and Development Institute, Gyeonggi University, Ansan 15301, Korea

(Received July 2, 2021; Revised July 8, 2021; Accepted July 8, 2021)

Abstract: Recently, as interest in appearance has increased, various studies on treatment method for short stature are being conducted. In this study, the effect of growth plate stimulation on the height growth of children and adolescents was studied. As a result of pre- and post-analysis of the experimental group, it was confirmed that the difference in average height according to growth plate stimulation was relatively large. In addition, in the results of analyzing the effects of demographic factors on the height growth of the experimental group and the control group, weight showed the greatest influence on height growth among the demographic factors affecting the height growth of the experimental group. The effect on the height growth of the control group was found to have an effect in the order of age, weight, and father's height. The difference in height changed post-mortem between the experimental group and the control group was 1.10 cm for 3 months, and the difference was the result of growth plate stimulation. It was confirmed that growth plate stimulation had a significant effect on the height change of children and adolescents, except for weight, which is a common factor of height change in the experimental and control groups. Therefore, it is expected that it can be used as a treatment method for short stature.

Keywords: Short stature, Height growth, Child and adolescents, Growth plate stimulation machine, Growth hormone

1. 서론

최근 제4차 산업혁명으로 인공지능(AI) 기술의 발달과 더불어 빅데이터의 분석과 활용 기술이 보건의료분야에도 활발하게 논의되고 있다 [1]. 의료계의 치료를 결정하는 데 있어서 진단에 필요한 정보를 검토하는 데 검증된 업데이

트된 정보를 필요로 하고 있다 [2]. 따라서 외모에 대한 관심이 높아지면서 저신장증의 해결방법으로 성장호르몬 치료에 대하여 연구가 진행되고 있으나 여러 가지 논란의 여지가 있어 왔다 [3]. 몇몇 연구 결과에 의하면 저신장증의 아동의 경우 인지발달, 자아 존중감 및 사회적 관계에 매우 부정적인 영향을 받고 있음이 보고되고 있으며 특히, 학령기의 청소년의 시기에 신체상의 자아정체성과 자아 존중감에 많은 부정적인 영향을 받고 있는 것으로 보고되고 있다 [4].

인간의 키는 매 10년 평균 1 cm의 속도로 증가하고 있음에도 불구하고 그 편차에 따라 청소년들의 키는 신체적

✉ Jae-Sin Myung; 20100525@kyonggi.ac.kr

Copyright ©2021 KIEEME. All rights reserved.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

성장을 평가하는 중요한 지표가 된다는 사실을 통해서도 아동·청소년들에게 키 성장을 위해 도움이 되는 수단이나 기기의 필요성이 제기되고 있다 [5].

따라서 본 연구에서는 인체의 키 성장을 촉진하기 위하여 약물의 주입이나 성장호르몬제의 투약 등과 같은 의학 적 처치가 아닌 성장판 자극을 기반으로 하는 성장판 자극 기기를 개발하여 성장판 자극기기가 아동과 청소년의 키 성장에 미치는 영향에 대하여 연구하였다.

2. 실험 방법

2.1 성장판 자극 운동기기의 구조

본 연구에서 활용한 성장판 자극기기는 개발 후 한국화학융합시험연구원장의 전기안전인증과 국립전파연구원의 전자파 적합등록을 하였다. 성장판 자극기기의 구조는 그림 1과 같다.

성장판 자극기기의 실제 사용에 적합하도록 제작된 성장판 자극기기의 요부 단면도와 그 확대도 및 성장판 자극 기기로 자극이 가능하도록 제작한 무릎과 발목 부위의 작동례를 나타내는 요부 단면도는 그림 2와 같다.

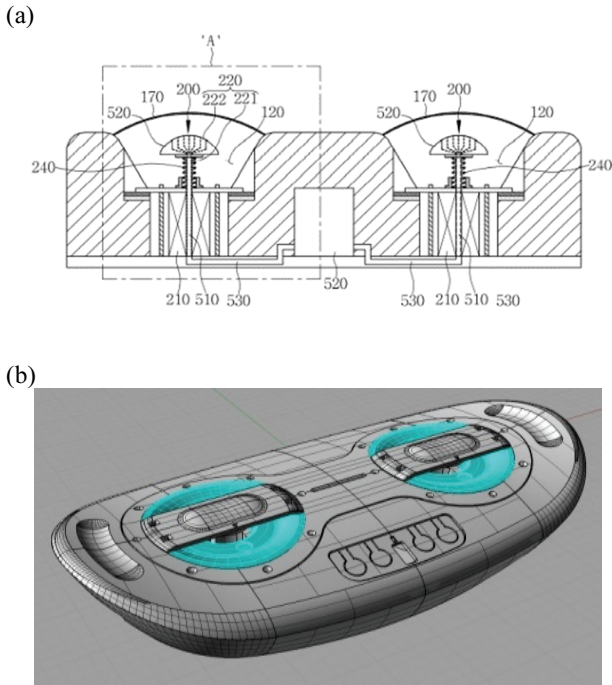


Fig. 1. Growth plate stimulation device. (a) Cross-sectional view of the growth plate stimulation device and (b) enlarged view of sectional.

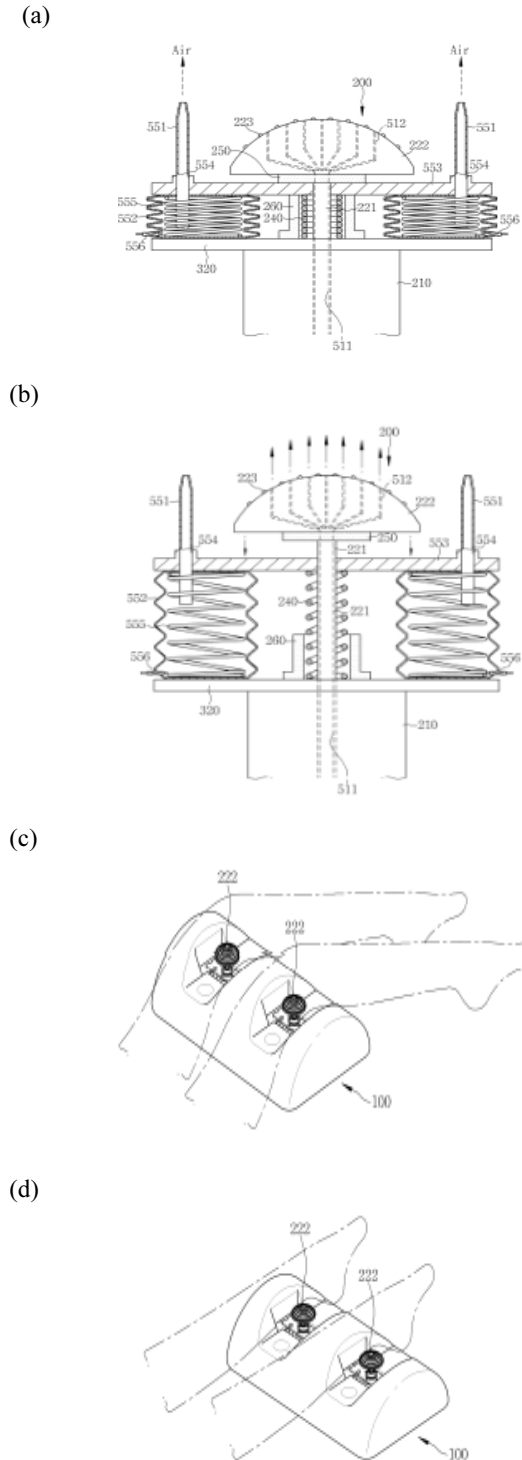


Fig. 2. Growth plate stimulation exercise device and stimulation site. (a) Cross-sectional view of the main part of the growth plate stimulation exercise device, (b) an enlarged view, (c) example of knee operation of growth plate stimulation exercise device, and (d) ankle operation example of growth plate stimulation exercise device.

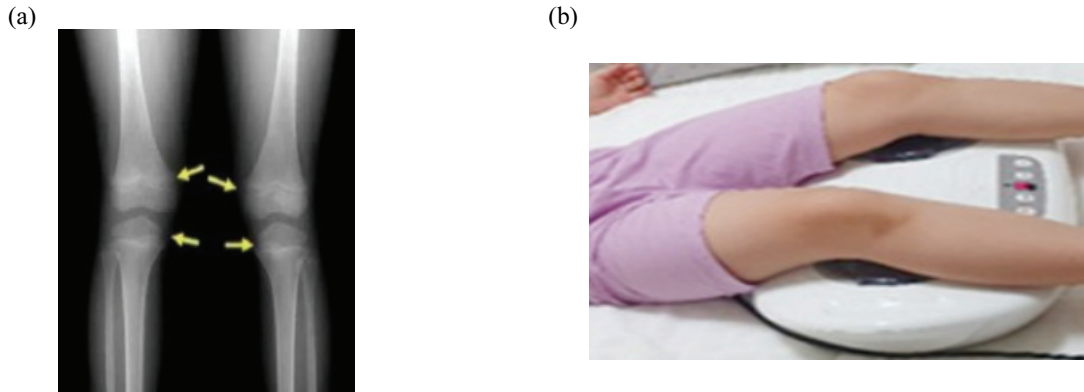


Fig. 3. Photo showing the growth plate around the knee. (a) X-ray photography and (b) Prototype appearance for growth plate stimulation.

성장판 자극기기는 성장판을 자극하기 위하여 상하방향으로 진동하면서 가압체에서 압축공기를 분사할 수 있도록 하였다. 가압체와 압축공기가 교대로 특히 무릎 부위의 성장판을 자극하므로 자극 효과가 배가되어 아동·청소년들의 키 변화에 유의한 영향을 미칠 수 있도록 하였다. 무릎 주위의 성장판 X선 사진과 실제 성장판 자극기기의 외형은 그림 3과 같다.

2.2 실험대상자 선정 및 데이터 수집

본 연구에서 실험대상자를 선정하는데 있어서 여자는 11세부터 13세까지의 성장이 가장 크게 증가하고, 남자는 13세부터 16세까지 가장 크게 성장하는 점을 고려하였으며, 이 시기에 일 년에 약 8 cm부터 10 cm가량의 성장을 보이고, 급속 성장기가 끝나면 제2차 성장이 끝나는 시점으로 일 년에 약 2 cm에서 3 cm가량의 감속성장기를 거치게 되는 점을 고려하였다 [6].

따라서 왕성한 키 성장을 하는 시기에 해당하는 만 9세부터 14세까지의 아동·청소년들 중 특히 키 성장에 관심을 가지고 있는 부모와 아동·청소년을 선발하였다. 최종 선정된 30명 중 실험집단으로 15명을 통제집단으로 15명을 분류하였다. 인구통계학적 특징은 표 1과 표 2에 나타내었다.

표 1에서와 같이 호르몬제 등을 복용한 경험이 있는 참여자는 통제집단에 1명으로 실험집단에는 포함되지 않았다. 표 2에서와 같이 실험집단의 참여자들의 평균키는 152.6 (± 14.2) cm이고 평균 몸무게는 49.3 (± 12.94) kg이다.

본 연구에서 키의 변화를 확인하기 위해 사용한 키 재기자는 연구 참여자 혼자서도 키를 측정할 수 있는 Weihai Furong Electronic Commerce Co., Ltd에서 판매하고 있는 편애편 키 재기 자를 구입하여 연구 참여자들의 각 가

정으로 배송하고 키를 측정할 수 있는 일정한 장소에 고정 설치하도록 하였다. 키 재기 자의 경우 설치 장소에 따라 1~3 cm의 측정오차가 발생할 수 있는 점을 감안하여 연구 기간 동안 그 설치 장소를 변경하지 않고 고정된 장소에서만 매일 같은 방법으로 측정하도록 함으로써 측정오차의 범위를 최소화하고자 하였다.

본 연구의 참여자로 자원한 만 9세부터 14세까지의 아동·청소년 30명과 그들의 부모 또는 모로부터 동시에 동의를 얻은 후 2021년 2월 26일부터 4월 26일까지 3개월 동안 매일 측정된 키와 수면시간, 성장판 자극 운동기기 사용 여부 등에 대하여 참여자의 부모에게서 직접 전화 또는 문자로 통보받는 방법으로 데이터를 수집하였다.

실험집단과 통제집단 모두 매일 아침 기상과 함께 5분 이내 측정된 키를 수집하였다. 다만 실험의 효과를 알아보기 위해 실험집단의 경우 잠들기 전 매일 20분 이상씩 성장판 자극기기를 사용하도록 하는 실험처치 조건 이외의 모든 조건은 두 집단 모두 동일하다. 따라서 두 집단 모두 식습관, 운동량, 수면시간 등은 기존의 일상생활을 유지하도록 하였다.

본 연구를 위해 수집된 자료를 분석하기 위해 SPSS(statistics package for the social science) 22.0 Win. Vr을 사용하였다. 연구방법은 첫째, 인구통계학적 특징에 따른 실험집단과 통제집단의 차이를 신뢰구간 95% 수준에서 확인하였다. 둘째, 실험집단과 통제집단의 비교를 위한 동질성을 알아보기 위해 독립표본 *t*-test (independent sample *t*-test) 실시하였다. 셋째, 인구통계학적 특징과 임상 기초 자료 및 키 성장 데이터 비교를 위해 연속형 변수의 경우 대응표본 및 독립표본 *t*-test로 분석하고, 마지막으로 인구통계학적 특징에 따른 데이터를 기반으로 키 성장과의 인과관계 분석을 위해 다중회귀 분석(multiple regression analysis)을 시행하였다.

Table 1. Demographic features (general information of research participants).

Division	N (%)			
	Experimental group	Control group	Sub total	
Gender	Male	6 (40.0)	9 (60.0)	15 (50.0)
	Female	9 (60.0)	6 (40.0)	15 (50.0)
	Total	15	15	30
Age	9	2 (13.3)	4 (26.7)	6 (20.0)
	10	1 (6.7)	3 (20.0)	4 (13.3)
	11	1 (6.7)	1 (6.7)	2 (6.7)
	12	3 (20.0)	2 (13.3)	5 (16.7)
	13	7 (46.7)	2 (13.3)	9 (30.0)
	14	1 (6.7)	3 (20.0)	4 (13.3)
	Total	15	15	30
Order of birth	First	6 (40.0)	6 (40.0)	12 (40.0)
	Second	7 (46.7)	7 (46.7)	14 (46.7)
	Third or more	2 (13.3)	2 (13.3)	4 (13.3)
	Total	15	15	30
a) Drugs & Foods	Have experience	0	1 (6.7)	1 (3.3)
	No experience	15 (100)	14 (93.3)	29 (96.7)
	Total	15	15	30
Mainly sleeping place	Bed	13 (86.7)	13 (86.7)	26 (86.7)
	Floor	2 (3.3)	2 (3.3)	4 (13.3)
	Total	15	15	30

※ a) Within the last 3 months experience of taking growth -related drugs/foods

Table 2. Demographic features (The height of the parents and the height of the study participant measured before the start of the study).

Division	MeanStandard Deviation)			
	Experimental group	Control group	Sub total	
Parent's average height (cm)	Father	174.6 (4.35)	174.2 (6.17)	174.4 (5.25)
	Mother	161.6 (5.38)	160.7 (5.81)	161.2 (5.52)
	Average height	168.10	167.45	167.80
Average height measured before start (cm)	152.6 (14.20)	146.1 (11.92)	149.3 (13.29)	
Average weight measured before start (kg)	49.3 (12.94)	39.7 (12.10)	44.5 (13.24)	

3. 결과 및 고찰

3.1 집단 간 동질성 검증

본 연구는 성장판 자극기기를 사용하는 실험집단과 사용하지 않는 통제집단 간 나타나는 사후 키의 변화를 비교하기 위해 먼저 성장판 자극기기 사용 전 측정에서 실험집단과 통제집단 간 차이를 보이지 않고 동질적인지를 확인해 볼 필요가 있다. 이를 위해 독립표본 *t*-test로 분석하였

고 분석 결과는 그림 4와 같다. 실험집단의 평균 키는 152.6 (± 14.20) cm을 나타내었다. 통제집단은 146.1 (± 11.92) cm을 나타내었다. 실험집단의 평균 키가 통제집단의 평균 키보다 6.46 cm의 상대적으로 큰 차이를 보였다. 그러나 두 집단 간 키의 차이는 $p < .05$ 신뢰수준에서 유의하지 않았다. 통계적으로 두 집단이 서로 동질적이라는 의미로써 추후 실험집단과 통제집단 간 사전·사후검사 결과의 비교가 가능함을 의미한다.

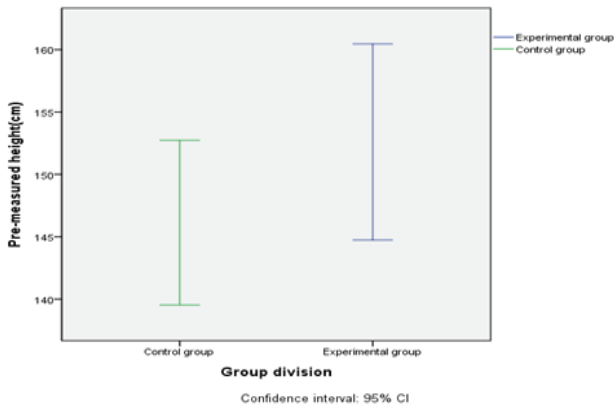


Fig. 4. Analysis of the homogeneity of the pre-measured results of the experimental group and the comparison group.

3.2 실험집단의 사전·사후 검사 비교

성장판 자극기기의 사용 전·후 각각 나타난 키 변화의 통계적인 차이를 확인하기 위해 대응표본 *t*-test로 분석하였다. 분석 결과는 표 3과 같다. 실험집단에서 사전·사후 키

의 변화가 152.6 cm에서 155.1 cm로 평균 차이가 2.5 cm로 나타났다($t=4.918, p<.001$). 즉 실험에 따른 키의 변화임을 확인하였다.

성장판 자극기기를 사용하지 않은 통제집단에서 키의 변화를 확인하기 위해 대응표본 *t*-test를 통해 분석한 결과는 표 4와 같다.

분석 결과, 통제집단에서 사전·사후 평균 키의 변화가 146.1 cm에서 147.5 cm로 평균 차이가 1.4 cm이었다 ($t=-4.836, p<.001$). 즉 통제집단에서도 자연 발달적인 키의 변화가 나타났다.

그러므로 실험집단과 통제집단 간 사후 결과 비교에서 키의 변화가 유의한지를 독립표본 *t*-test를 통해 분석하였다. 분석 결과는 표 5에 나타내었다. 실험집단과 통제집단에서 나타난 사후 평균 키의 차이는 신뢰구간 $p<.05$ 수준에서 통계적으로 유의하지 않았다. 즉, 실험집단과 통제집단 모두에서 키의 변화가 나타났으나 통제집단에 비해 실험집단에서 키의 변화가 평균 7.60 cm의 차이로 상대적으로 큰 결과임을 알 수 있다.

Table 3. Comparison of experimental group pre-and post-test.

Division	Pre-group (n=15)		Post-group (n=15)		Mean difference	<i>t</i> (df)	Sig. (2-tailed)
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
Experimental group (cm)	152.6	14.20	155.1	13.43	2.50	4.918 (14) ^{***}	.000

^{***} $p<.001$

Table 4. Comparison of control group pre-and post-test.

Division	Pre-group (n=15)		Post-group (n=15)		Mean difference	<i>t</i> (df)	Sig. (2-tailed)
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
Control group (cm)	146.1	11.92	147.5	11.80	1.40	4.836 (14) ^{***}	.000

^{***} $p<.001$

Table 5. Comparison of post-tests between the experimental and the control groups.

Division	Experimental group (n=15)		Control group (n=15)		Mean difference	<i>t</i> (df)	Sig. (2-tailed)
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
Post-measurement height (cm)	155.1	13.43	147.5	11.80	7.60	1.646	.111

3.3 인구통계학적 요인이 키 성장에 미치는 영향

인구통계학적 특징 요인이 실험집단의 키 성장에 미치는 영향을 알아보기 위해 다중회귀 분석(multiple regression analysis)을 시행하였다. 분석에 앞서 인구통계학적 특징이 실험집단의 키 성장에 미치는 영향을 확인하기 위해 다중공선성(multicollinearity)을 확인해 본 결과는 VIF (variation inflation factor) 값은 .43, 공차한계(tolerance) 값은 2.30으로 나타나 다중공선성의 문제는 보이지 않았다. 또한 회귀분석의 모형은 적합하였다 ($F=8.933, p<.01$). 회귀분석의 결과는 표 6에 나타내었다.

표 6에서와 같이 실험집단의 키 성장에 영향을 미치는 인구통계학적 요인들 중 몸무게가 키 성장에 유의한 영향

을 미치고 있었다($\beta=.54, p<.05$). 반면 그 외 인구통계학적 요인들은 실험집단의 키 성장에 영향을 미치지 않았다.

인구통계학적 특징 요인이 통제집단의 키 성장에 미치는 상대적인 영향력의 크기를 확인하기 위해 다중회귀 분석(multiple regression analysis)을 시행하여 표 7에 나타내었다.

회귀분석에 앞서 인구통계학적 요인이 통제집단의 키 변화에 미치는 영향을 알아보기 위한 다중공선성(multicollinearity)의 결과는 VIF (variation inflation factor) 값은 .27, 공차한계(tolerance) 값은 2.30으로 나타나 다중공선성의 문제는 나타나지 않았다. 또한 회귀분석의 모형 역시 적합하였다($F=19.518, p<.001$).

표 7에서와 같이 통제집단의 키 성장에 영향을 미치는

Table 6. The effect of demographic factors on the height growth of the experimental group.

Dependent variable	Independent variable	Unstandardized coefficients		β	<i>t</i>	<i>p</i>
		B	Std. error			
Experimental group	Gender	3.62	4.33	.13	.83	.431
	Age	2.92	2.02	.33	1.44	.191
	Father's height	.47	.49	.15	.97	.363
	Mother's height	.12	.36	.05	.34	.739
	Mainly sleeping place	.56	6.43	.01	.08	.932
	Weight	.56	.23	.54	2.37*	.049
	Order of birth	-1.65	3.95	-.08	-.42	.687
$F=8.933^{**}$ $R^2=.899$ Adjusted $R^2=.799$ Durbin-Watson=2.359						

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Table 7. The effect of demographic factors on the height growth of the control group.

Dependent variable	Independent variable	Unstandardized coefficients		β	<i>t</i>	<i>p</i>
		B	Std. error			
Control group	Gender	-.84	2.219	-.03	-.383	.713
	Age	3.62	.791	.60	4.575**	.003
	Father's height	.46	.196	.24	2.363*	.049
	Mother's height	.13	.215	.06	.605	.565
	Mainly sleeping place	5.2	3.174	.15	1.647	.144
	Weight	.40	.128	.41	3.143*	.016
	Order of birth	-.05	1.499	-.00	-.034	.974
$F=19.518^{***}$ $R^2=.951$ Adjusted $R^2=.903$ Durbin-Watson=2.605						

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

인구통계학적 요인들 중 연령이 가장 큰 영향을 나타내었고($\beta=.60, p<.01$), 다음으로 몸무게($\beta=.41, p<.05$)와 아버지의 키($\beta=.24, p<.05$) 순서로 영향을 미치고 있었다.

반면 그 외 인구통계학적 요인은 통제집단의 키 성장에 영향을 미치지 않았다. 즉, 몸무게의 경우 실험집단과 통제집단 모두에서 키 성장에 영향을 미치는 요인으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 성장판 자극을 기반으로 하는 성장판 자극기기가 아동과 청소년의 키 성장에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 실험집단과 통제집단의 사전·사후 검사를 통해 집단 간 나타날 수 있는 키 성장 변화의 차이의 분석 결과는 다음과 같다.

실험집단의 사전·사후 분석 결과 평균 키의 차이가 나타났고 그 차이는 통계적으로 유의하였다. 따라서 실험의 효과 즉 성장판 자극에 따른 키의 변화가 실험집단에서 상대적으로 크게 나타나고 있음을 확인하였다. 또한 인구통계학적 요인이 실험집단과 통제집단의 키 성장에 미치는 영향을 각각 분석한 결과에서는 실험집단의 키 성장에 영향을 미치는 인구통계학적 요인들 중 몸무게가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 한편 통제집단의 키 성장에 영향을 미치는 인구통계학적 요인들 중 연령, 몸무게 및 아버지의 키 순으로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 실험집단과 통제집단 간 나타난 사후 변화된 키의 차이는 1.10 cm였고 그 차이는 성장판 자극으로 나타난 결과임을 알 수 있다. 즉 실험집단과 통제집단에서 나타난 키 변화의 공통적

요인인 몸무게를 제외한다면 성장판 자극이 아동·청소년 키 변화에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 저신장증의 해결방법으로 성장판 자극에 의한 성장 발달 해결에 큰 도움이 될 것으로 생각된다.

ORCID

Jae-Sin Myung

<https://orcid.org/0000-0003-4298-2172>

REFERENCES

- [1] K. Y. Lee and J. Kim, *Korean Med. Educ. Rev.*, **18**, 51 (2016). [DOI: <http://doi.org/10.17496/kmer.2016.18.2.51>]
- [2] J. M. Kim, *J. Convergence Inf. Technol.*, **7**, 53 (2017). [DOI: <https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2017.7.4.053>]
- [3] M. Y. Kim, *Child Health Nuring Reserach*, **16**, 1 (2010). [DOI: <https://kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART001416995>]
- [4] S. J. Kim, *Master's thesis, Mother's Perception of Growth of Their Kids in 5th Grade and Dietary Management Behavior*, p. 1-2, Graduate School of Education Chungbuk National University, Cheongju (2012). [DOI: https://dcollection.chungbuk.ac.kr/public_resource/pdf/000000033739_20210520144302.pdf]
- [5] U. J. No, *Master's thesis, Survey on the Parents' Perceptions on Height Growth Exercise and Growth Massage of Elementary School Students*, p. 1-2, Graduate School of Social Physical Education Korea National Sport University, Seoul (2016). [DOI: https://dcollection.knsu.ac.kr/public_resource/pdf/000000005374_20210520162007.pdf]
- [6] M. Y. Qu and J. A. Lee, *J. Convergence Inf. Technol.*, **8**, 15 (2018). [DOI: <https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2018.8.6.015>]