

## Research Paper

## The Effect of a Period of Selected Motor Intervention Program on Improving the Performance of Motor Skills of Children Carrying ACE and ACTN-3 Different Genotypes

Sh. Nazarpouri<sup>1</sup>, A. Bahram<sup>2</sup>

1. Ph.D. in Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Lorestan University, Iran. (Corresponding author)
2. Professor, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Tehran Kharazmi University, Iran.

Received: 2018/09/07

Accepted: 2020/04/14

---

**Abstract**

this study aimed to investigate the effect of a period of selected motor intervention program on improving the performance of motor skills of children carrying ACE and ACTN-3 different genotypes. To this end, children's movement skills (50 boys,  $5.8 \pm 1.32$  years) in tow subscales of locomotors and Object control is evaluated using Ulrich's gross motor development test before and after eight weeks of the motor training program. In addition, epithelial mouth cells and PCR technique determined ACE and ACTN-3 genotypes. The results of the covariance analysis showed that children carrying ACE-D allele, separately (DD or ID), and combination (DD+ID), compared to those with II homozygotes and children carrying ACTN-3- R allele, Separate (RR or RX) and combination (RR+RX) compared to those with XX homozygotes to response the motor intervention program had higher levels of progression in performance of locomotors motor skills ( $p < 0.01$ ). Also, the response of children carrying "optimal" genotype combination (ACE DD or ID+ACTN-3 RR or RX) compared to children carrying a "suboptimal" genotype combination (possessing either one or both of ACE II and/or ACTN3 XX) were more trainability and had a higher level of progress in performance of locomotors movement skills ( $p < 0.01$ ). However, none of these differences was observed in object control movement skills performance ( $p > 0.05$ ). Therefore, it seems that the performance of locomotors movement skills in children depend on the genetic (ACE I/D and ACTN-3 R/X genotypes), and this can be considered in sports talent detection.

---

**Keywords:** Genotype, Phenotype, Motor Training Program, Motor Skills, Children

---

- 
1. E-mail: Snazarpouri@yahoo.com
  2. Email: Abbas22ir@yahoo.com



Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public Licen

## Extended Abstract

### Background and purpose

According to the theory of dynamic systems, one of the important factors influencing the development of FMS in children is genetic factors (1, 2). The underlying phenotypes of FMS (such as strength, power, type and size of muscle fibers) can be affected by heredity (3, 4). To date, over 20 important genes have been associated with movement and physical performance-related phenotypes, which the *ACE*, *ACTN3* gene polymorphisms are two of the most studied (3,5-13). It can be hypothesized that children carrying the *ACE D* allele and the *ACTN3 R* allele, respectively compared to children carrying homozygotes II and XX have a higher capability of trainability and the improvement of motor skills in responses to motor training program. Therefore, since there is no research evidence in this context and there are conflicting results in the literature, the aim of the present study was to investigate the effect of a period of selected motor intervention program on improving the performance of motor skills of children carrying *ACE* and *ACTN-3* different genotypes.

### Materials and Methods

This is a semi-experimental study. In this study, fifty pre-school boys [with mean and standard deviation of  $5.8 \pm 1.32$  years (age),  $121.65 \pm 5.23$  (cm) height,  $20.12 \pm 1.41$  (kg) weight, and BMI  $18 \pm 4.34$  ( $W / h^2$ )] were selected by random sampling from tow pre-school centers of Khorramabad city as a sample of research. The inclusion criteria for the study's participants included having physical, mental, psychological and motor health for both parents and their children. In addition, exclusion criteria included having any addiction to opioids by the parents and having disabilities or mental, physical, mental and psychological problems for both parents and their children. Participants were familiarized with the stages and research tests two weeks before the start of the main research process. Then, their performance in the execution of FMS, including locomotors and object control movement skills was evaluated before and after the presentation of the 8-week motor training program by Ulrich's gross motor development test II (TGMD-2). In the end, after saliva sampling, the *ACE I/D* and *ACTN3 R577X* gene polymorphism was determined by a private laboratory. In this study, descriptive statistics (mean and standard deviation) was used to summarize and categorize information. By using the chi-square test ( $X^2$ ), the distribution of *ACE I/D* and *ACTN3 R577X* polymorphism were evaluated for compliance with the Hardy-Weinberg equilibrium. In this regard, covariance analysis test (with the aim of eliminating the effect of pre-test of fundamental movement skills), was used to investigate the individual and combined influence



of *ACE* (I/D) and *ACTN3* (R577X) gene polymorphism on children's FMS in response to motor training program. The SPSS software (V20) was used in statistical assessment. The level of statistical significance was defined as  $p < 0.05$ .

## Results

The results of chi-square test showed that the frequency of ACE genotypes ( $P=0.841$ ) and ACTN-3 genotypes ( $P=0.839$ ) are in balance with Hardy Weinberg principle. The results of covariance analysis revealed that ACE I/D genotypes, in contrast to object control movement skills ( $F=1.074$ ,  $P=0.350$ ), had a different, significant effect on trainability and improving the level of locomotors movement skills ( $P=0.000$ ,  $F=23.543$ ). The results of Bonferroni post-hoc test showed that the performance level of locomotors movement skills is lower in children with II genotype than with DD genotype ( $P=0.000$ ) and ID genotype ( $P=0.000$ ). Also, children carrying DD+ID genotype compared to the carriers of II genotype, in contrast to the object control motor skills ( $P=0.759$ ,  $F=0.095$ ), had a significant, different effect on trainability and improvement in the performance level of locomotors movement skills ( $P=0.000$ ,  $F=29.318$ ). The results of covariance analysis indicated that ACTN-3 R/X genotypes, in contrast to the object control motor skills ( $P=0.980$ ,  $F=0/020$ ) had a different and significant effect on the trainability and improving the performance level of locomotors movement skills ( $P=0.000$ ,  $F=10.459$ ). In this regard, the results of Bonferroni post-hoc test implied that the performance of locomotors movement skills in children with XX genotype was lower than that of children with RR genotype ( $P=0.000$ ) and RX genotype ( $P=0.000$ ). Moreover, children carrying RR+RX genotype compared to the children carrying XX genotype, in contrast to the object control motor skills ( $P=0.840$ ,  $F=0.041$ ), had a different, significant effect on the trainability and improving the performance level of locomotors movement skills ( $P=0.000$ ,  $F=36/672$ ). Besides, children carrying "optimal" genotype combination (ACE DD or ID+ACTN-3 RR or RX) compared to children carrying a "suboptimal" genotype combination (possessing either one or both of ACE II and/or ACTN3 XX) were more trainable and had a higher level of progress in performance of locomotors movement skills ( $p < 0.01$ ). However, none of these differences was observed in object control movement skills performance ( $p > 0.05$ ).

## Conclusion

Therefore, it seems that the performance of locomotors movement skills in children depends on the genetic (ACE I/D and ACTN-3 R/X genotypes), and this can be considered in sports talent detection. Therefore, given the importance of developing and acquiring basic motor skills in encouraging children to participate



in physical activity and, subsequently, learning sports skills during adolescence, youth, and adulthood as well as the importance of identifying the genetic variables associated with sports performance over the past decade. We can imagine a two-way communication bridge between gaining competence and mastery in implementing the basic motor skills, having an ideal genetic profile of ACE D / ACTN-3 R and I / X genotypes and achieving elite levels in implementing high-level sports skills (4, 6).

**Keywords:** Genotype, Phenotype, Motor training program, Motor skills, Children

### References

1. Branta C, Haubenstricker J, & Seefeldt V. Age changes in motor skills during childhood and adolescence. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 1984;12:467-520.
2. Hardy LL, King L, Farrell L, Macniven R, & Howlett S. Fundamental movement skills among Australian preschool children. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2010;13(5):503-8.
3. O'keeffe S, Harrison A, & Smyth P. Transfer or specificity? An applied investigation into the relationship between fundamental overarm throwing and related sport skills. *Physical Education and Sport Pedagogy*. 2007;12(2):89-102.
4. 4.Gallahue DL, Ozmun JC, & Goodway J. *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults*: Boston; 2006.
5. Payne VG, & Isaacs LD. *Human motor development: A lifespan approach*: Routledge; 2017.
6. Collins M, & Posthumus M. *Genetics and sports*: Karger Basel; 2009.
7. Malina RM, Bouchard C, & Bar-Or O. *Growth, maturation, and physical activity: Human kinetics*; 2004.
8. Peeters M, Thomis M, Loos R, Derom C, Fagard R, Claessens A, et al. Heritability of somatotype components: a multivariate analysis. *International Journal of Obesity*. 2007;31(8):1295.
9. Ellis L, Collins C, Brown J, & Pooley W. Is AGT the new gene for muscle performance? An analysis of AGT, ACTN3, PPARA and IGF2 on athletic performance, muscle size and body fat percentage in caucasian resistance training males. *Journal of Athletic Enhancement*. 2017;2017.
10. Bray MS, Hagberg JM, Perusse L, Rankinen T, Roth SM, Wolfarth B, et al. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006-2007 update. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2009;41(1):35-73.
11. Moran CN, Vassilopoulos C, Tsiokanos A, Jamurtas AZ, Bailey ME, Montgomery HE, et al. The associations of ACE polymorphisms with physical, physiological and skill parameters in adolescents. *European Journal of Human Genetics*. 2006;14(3):332.



12. Moran CN, Yang N, Bailey ME, Tsiokanos A, Jamurtas A, MacArthur DG, et al. Association analysis of the ACTN3 R577X polymorphism and complex quantitative body composition and performance phenotypes in adolescent Greeks. *European Journal of Human Genetics*. 2007;15(1):88.
13. Tobina T, Michishita R, Yamasawa F, Zhang B, Sasaki H, Tanaka H, et al. Association between the angiotensin I-converting enzyme gene insertion/deletion polymorphism and endurance running speed in Japanese runners. *The Journal of Physiological Sciences*. 2010;60(5):325-30.



## اثر یک دوره برنامه مداخله‌ای حرکتی منتخب بر بهبود سطح عملکرد مهارت‌های حرکتی کودکان حامل ژنوتیپ‌های متفاوت ACE و ACTN-3

شهرام نظریوری<sup>۱</sup>، عباس بهرام<sup>۲</sup>

۱. دکتری رفتار حرکتی، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه لرستان، ایران (نویسنده مسئول)

۲. استاد رفتار حرکتی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۶

### چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر یک دوره برنامه مداخله‌ای حرکتی منتخب بر سطح عملکرد مهارت‌های حرکتی کودکان حامل ژنوتیپ‌های متفاوت ACE و ACTN-3 انجام شد. بدین منظور، عملکرد مهارت‌های حرکتی کودکان (۵۰ کودک پسر با میانگین و انحراف معیار  $5/8 \pm 1/32$  سال)، در دو خرده‌مقیاس جابه‌جایی و کنترل شیء قبل و بعد از هشت هفته ارائه برنامه تمرینی، با استفاده از آزمون اولریخ-ویرایش دوم ارزیابی شد. همچنین ژنوتیپ‌های ACE و ACTN-3 از طریق نمونه‌گیری بزاق و با استفاده از PCR تعیین شدند. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که کودکان حامل آلل ACE D به‌طور مجزا (DD یا ID) و ترکیبی (DD+ID) در مقایسه با کودکان دارای هموزیگوت‌های II و کودکان حامل آلل ACTN-3 R به‌طور مجزا (RR یا RX) و ترکیبی (RR+RX) در مقایسه با کودکان دارای هموزیگوت‌های XX، در پاسخ به برنامه تمرینی از سطح بالاتری در اجرای مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی برخوردار بودند ( $P < 0.01$ ). همچنین کودکان حامل ترکیب ژنوتیپی بهینه (DD یا RX + ACE ID یا ACTN-3 RR) در مقایسه با کودکان حامل ترکیب ژنوتیپی زیربینه (دارا بودن یکی یا هر دو ژنوتیپ ACE II و یا ACTN-3 XX) در پاسخ به برنامه تمرینی از سطح پیشرفت بالاتری در اجرای مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی برخوردار بودند ( $P < 0.01$ )، اما هیچ‌کدام از این تفاوت‌ها در عملکرد مهارت‌های حرکتی کنترل شیء مشاهده نشد ( $P < 0.05$ )؛ بنابراین به نظر می‌رسد عملکرد مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی کودکان در پاسخ به برنامه تمرینی به ژنتیک (ژنوتیپ‌های ACE I/D و ACTN-3 R/X) وابسته است که این موضوع می‌تواند در استعدادیابی ورزشی مدنظر قرار گیرد.

**واژگان کلیدی:** ژنوتیپ، فنوتیپ، ژن ورزشی، برنامه تمرین حرکتی، مهارت‌های حرکتی، کودکان.

1. E-mail: Snazarpouri@yahoo.com

2. Email: Abbas22ir@yahoo.com



## مقدمه

دوران کودکی، مهم‌ترین دوره رشد مهارت‌های حرکتی به شمار می‌آید (۱). عنصر اصلی رشد مهارت‌های حرکتی در این دوره، مهارت‌های حرکتی بنیادی است که کودکان در سنین ابتدایی شروع به رشد و یادگیری آن‌ها می‌کنند. در این دوره، کودکان ترکیب مهارت‌های حرکتی بنیادی را برای اجرای مهارت‌های اختصاصی و عمومی در ورزش آغاز می‌کنند (۲). نیوول<sup>۱</sup> (۱۹۸۶)، در مدل رشدی خود به عوامل مؤثر بر رشد مهارت‌های حرکتی را توجه کرده است و تأکید خاصی بر تعامل ویژگی‌های ساختاری و کارکردی فرد، تکلیف حرکتی مدنظر و شرایط محیطی داشته است. این مدل به این نکته اشاره دارد که ویژگی‌های ساختاری و کارکردی انسان برای درک کامل فرایند رشد مهارت‌های حرکتی از اهمیت زیادی برخوردارند (۳). نظریه‌پردازان دیدگاه سیستم‌های پویا بر این باورند که رشد مهارت‌های حرکتی کودکان، در نتیجه ترکیب تعاملات فردی و محیطی به وجود می‌آید (۲، ۱). در همین راستا، عنوان شده است که متغیرهای ژنتیکی به‌عنوان یکی از عوامل درون‌فردی مهم، فنوتیپ‌های زیربنایی مهارت‌های حرکتی کودکان از قبیل قدرت، توان، ترکیب و اندازه تارهای عضلانی را متأثر می‌کنند (۴، ۳). تاکنون، حدود ۲۰۰ متغیر ژنتیکی مرتبط با فعالیت بدنی و ورزشی شناسایی شده است که از بین آن‌ها دو ژن ACE و ACTN-3، بیشتر مدنظر پژوهشگران قرار گرفته‌اند (۱۳-۵، ۳).

افزایش همکاری‌های بین‌رشته‌ای، پیشرفت‌های زیادی را در مطالعه تعاملات ژنتیک-محیط به وجود آورده است. در این بین، بررسی پلی‌مورفیسم متغیرهای ژنتیکی مرتبط با عملکرد جسمانی و ورزشی مانند ژن ACE و ACTN-3 همچنان بحث‌برانگیز است (۱۴). کارکرد پلی‌مورفیسم ژن ACE، بیان تفاوت‌های فردی اساسی در فعالیت سیستم رنین آنژیوتنسیون است که در ازای ژنوتیپ (DD)، با فعالیت بیشتری همراه است. چرخه فعالیت ژن ACE به‌طور معناداری با قدرت ایزومتریک و ایزوکنتریک عضله چهارسران مرتبط شده است؛ براین اساس، افزایش بیشتر مرتبط با تمرین در قدرت عضلات چهارسرانی، حداکثر قدرت عضلانی خم‌کننده‌های آرنج و سطح مقطع عضله دوسربازو، با ژنوتیپ (DD) این ژن مرتبط شده است (۱۵). احمدوف<sup>۲</sup> و همکاران در پژوهش خود گزارش کردند که ورزشکاران استقامتی در مقایسه با گروه کنترل از فراوانی ژنوتیپ‌های مرتبط با عملکرد استقامتی بیشتری مانند ژنوتیپ (II) در مقایسه با ژنوتیپ‌های مرتبط با عملکرد قدرتی مانند ژنوتیپ (DD)، از ژن ACE برخوردارند. یافته‌های پژوهش آن‌ها نشان داد که توانایی تبدیل شدن به یک ورزشکار

1. New well

2. Ahmetov



استقامتی خوب، به حمل و بیان ژنوتیپ‌های مرتبط با عملکرد استقامت بستگی دارد (۱۶). پیرا<sup>۱</sup> و همکاران در پژوهش خود با هدف بررسی اثر پلی‌مورفیسم‌های دو ژن ACE و ACTN-3 بر عملکرد اندام تحتانی زنان مسن در پاسخ به تمرین قدرتی با سرعت بالا، گزارش کردند که احتمالاً پلی‌مورفیسم‌های (I/D) و (R/X) از دو ژن ACE و ACTN-3، به‌عنوان ژن‌های مؤثر بر فنوتیپ‌های سرعت راه‌رفتن مرتبط با تمرین در زنان بزرگسال مطرح‌اند (۱۷).

همچنین، بخشی از نتایج پژوهش ارسکین<sup>۲</sup> و همکاران نشان داد که ترکیبی از پلی‌مورفیسم‌های ژن‌های ACE و ACTN-3 با حجم عضله چهارسرران، توان بیشینه و بیشترین قدرت بازکننده‌های زانو مرتبط هستند (۱۸). با وجود این یافته‌ها، اسکات<sup>۳</sup> (۱۵) و خالدی (۱۹) نتایج متناقضی را گزارش کردند. آنان در پژوهش‌های خود عنوان کردند که ژنوتیپ‌های I/D ژن ACE با وضعیت ورزشکاران نخبه استقامتی ارتباط معنادار ندارد و تفاوت معناداری بین ورزشکاران نخبه المپیک و جهانی با گروه کنترل در فراوانی ژنوتیپ‌های I/D ژن ACE وجود ندارد. کیم<sup>۴</sup> و همکاران نیز در پژوهش خود گزارش کردند که پلی‌مورفیسم ژن‌های ACE و ACTN-3 به‌طور جداگانه و ترکیبی بر پارامترهای آنتروپومتریک، آمادگی جسمانی و عوامل نمو در کودکان اثر ندارند (۱۴). پژوهشگران یکی دیگر از ژن‌های مهم مرتبط با عملکرد جسمانی و ورزشی یعنی ژن ACTN-3 را مطالعه کرده‌اند. عنوان شده است که آلفا اکتینین‌های ژن ACTN-3، اجزای پروتئین غالب خط Z سارکومر در تارهای عضله اسکلتی را تشکیل می‌دهد؛ جایی که آن‌ها ساختار شبکه‌ای را شکل می‌دهند و با فیلامان‌های نازک آکتین، بخش‌های انقباضی عضلات را تثبیت می‌کنند (۲۰). یافته‌های مطالعات نشان داده‌اند که ژنوتیپ (XX) در مقایسه با ژنوتیپ (RR) این ژن قادر به تولید آلفا اکتینین-سه نیست و فراوانی ژنوتیپ (XX) به‌طور معناداری در ورزشکاران سرعتی و توانی کمتر از دیگر گروه‌های ورزشکاران است (۱۸، ۱۱، ۹)؛ برای مثال، در آژوسکایا<sup>۵</sup> و همکاران در پژوهش خود گزارش کردند که فراوانی ژنوتیپ (XX) در مقایسه با فراوانی ژنوتیپ (RR) این ژن، به‌طور معناداری در ورزشکاران قدرتی و سرعتی کمتر است (۲۱). جنتایل<sup>۶</sup> و همکاران در پژوهش خود با هدف بررسی اثر پلی‌مورفیسم (R/X) و ژن ACTN-3 بر اثربخشی پاسخ عضلانی به تمرینات قدرتی نُه‌هفته‌ای در مردان جوان، گزارش کردند که

1. Pereira
2. Erskine
3. Scott
4. Kim
5. Druzhevskaya
6. Gentail





به‌نظر می‌رسد افراد دارای آلل R این ژن، پاسخ بهتری به تمرین مقاومتی که همراه با افزایش ضخامت عضلانی است، نشان می‌دهند (۶). همچنین بخشی از نتایج پژوهش ارسکین<sup>۱</sup> و همکاران نشان داد که ژنوتیپ (RR) این ژن در مقایسه با ژنوتیپ‌های (RX) و (XX) با محیط عضله چهارسرانی، با قدرت بیشینه و توان عضلات بازکننده زانوی بیشتری همراه است؛ باوجوداین، بخش دیگری از نتایج این پژوهش نشان داد که ارتباط معناداری بین میزان پاسخ افراد به برنامه تمرین قدرتی و ژنوتیپ‌های دو ژن ACE و ACTN-3 وجود ندارد (۱۸). از طرفی، یانگ<sup>۲</sup> و همکاران نتایج متناقضی را با این یافته‌ها گزارش کردند. آنان در پژوهش خود عنوان کردند که ورزشکاران استقامتی اتیوپیایی در مقایسه با گروه کنترل، هیچ‌گونه تفاوت معناداری در فراوانی ژنوتیپ (XX) این ژن ندارند (۲۲). صالحی و همکاران گزارش کردند که بین ژنوتیپ‌های ژن ACTN-3 در گروه ورزشکاران عضو تیم‌های ملی ایران و گروه کنترل، تفاوت معنادار وجود ندارد (۲۳). بخشی از نتایج پژوهش خالدی و همکاران نیز نشان داد که تفاوت معناداری بین ورزشکاران نخبه المپیک و جهانی ایرانی با گروه کنترل در فراوانی ژنوتیپ‌های ژن ACTN-3 وجود ندارد (۱۹). موران<sup>۳</sup> و همکاران برای اولین بار اثر این متغیرهای ژنتیکی را در کودکان بررسی کردند. آنان نشان دادند درحالی‌که پلی‌مورفیسم I/D ژن ACE با نتایج آزمون‌های قدرت پنجه و پرش عمودی کودکان رابطه معنادار دارد، اما با نتایج آزمون‌های پرتاب توپ، آزمون دویدن ۴۰ متر سرعت و آزمون چابکی آنان ارتباط معنادار ندارد (۱۱). موران و همکاران در پژوهش دیگری نشان دادند کودکان برخوردار از ژنوتیپ (RR) در مقایسه با کودکان دارای ژنوتیپ (XX) از ژن ACTN-3 در آزمون دویدن ۴۰ متر سرعت عملکرد بهتری دارند (۱۲). احمدوف و همکاران در پژوهش خود نشان دادند که ژنوتیپ (DD) ژن ACE و ژنوتیپ (RR) ژن ACTN-3 با نتایج بهتری از آزمون پرش طول و قدرت پنجه در کودکان مرتبط است (۲۴). باتوانی و همکاران گزارش کردند که ژنوتیپ DD ژن ACE به‌طور معناداری در کاراته‌کاران نخبه بیشتر از کاراته‌کاران آماتور و غیرورزشکاران ایرانی است (۲۵). فلاح و همکاران در پژوهش خود ارتباط بین پلی‌مورفیسم R577X ژن ACTN-3 را با وضعیت جودوکاران نخبه ایرانی بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که احتمالاً پلی‌مورفیسم R577X ژن ACTN-3 یک نشانگر ژنتیکی برای شناسایی افراد مستعد در ورزش جودو در جمعیت ایرانی محسوب می‌شود (۲۶). نتایج پژوهش نظرپوری و همکاران نیز نشان داد کودکان برخوردار از ژنوتیپ‌های DD یا ID ژن ACE و ژنوتیپ‌های RR یا RX ژن ACTN-3 از

1. Erskine
2. Yang
3. Moran



سطح رشدی بالاتری در اجرای مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی برخوردارند و در صورت فراهم‌بودن شرایط محیطی مناسب، این افراد در آینده نیز قادر به اجرای مهارت‌های ورزشی در سطوح بالای عملکردی خواهند بود (۲۷).

با توجه به مطالب ذکرشده می‌توان گفت که ژنوتیپ‌های دو ژن ACE و ACTN-3، فنوتیپ‌های زیربنایی مرتبط با عملکرد جسمانی و ورزشی مانند قدرت و توان عضلانی را متأثر می‌کنند؛ این در حالی است که علاوه بر نتایج پژوهشی متناقض، تاکنون مطالعه‌ای درباره اثر متفاوت ژنوتیپ‌های این متغیرهای ژنتیکی بر عملکرد مهارت‌های حرکتی کودکان در پاسخ به ارائه برنامه‌های تمرینی انجام نشده است. تغییرپذیری بین‌فردی فنوتیپ‌های مرتبط با عملکرد جسمانی و ورزشی از کارکردهای مهم دوران کودکی است. در این دوره است که افراد ترکیب و کاربرد مهارت‌های حرکتی را برای مهارت‌های ورزشی آغاز می‌کنند؛ باوجوداین، تاکنون اثر متغیرهای ژنتیکی ACE و ACTN-3 بر مهارت‌های حرکتی کودکان که سنگ‌بنای مهارت‌های ورزشی در سطوح بالای عملکردی است، در پاسخ به برنامه‌های مداخله‌ای حرکتی بررسی نشده است؛ بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر یک دوره برنامه مداخله‌ای حرکتی منتخب بر بهبود سطح عملکرد مهارت‌های حرکتی کودکان حامل ژنوتیپ‌های متفاوت ACE و ACTN-3 انجام شده است.

### روش پژوهش

در این پژوهش، ۵۰ نفر از کودکان پسر دوره پیش‌دبستانی (با میانگین و انحراف استاندارد سنی  $۱/۳۲ \pm ۵/۸$  سال، قد  $۶۵/۲۳ \pm ۱۲۱/۵$  سانتی‌متر، وزن  $۱/۴۱ \pm ۲۰/۱۲$  کیلوگرم و شاخص توده بدنی  $۱۸/۳۴ \pm ۴$  ( $W/h^2$ ))، به روش نمونه‌گیری تصادفی از دو مرکز پیش‌دبستانی واقع در شهر خرم‌آباد به‌عنوان نمونه پژوهش انتخاب شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل دامنه سنی چهار تا شش سال برای کودکان شرکت‌کننده، زندگی کودک با هر دو والد و برخورداری از سلامت جسمانی، ذهنی، روان‌شناختی و حرکتی هم برای والدین و هم برای کودکان بود. معیارهای خروج از پژوهش شامل زندگی کردن کودک با یکی از والدین، داشتن هرگونه اعتیاد به مواد مخدر از سوی والدین و داشتن معلولیت یا مشکلات ذهنی، جسمانی، حرکتی و روان‌شناختی هم برای والدین و هم برای فرزندان بود. برای کاهش دادن اثر عوامل اقتصادی و اجتماعی، همه شرکت‌کنندگان در پژوهش از نظر وضعیت اقتصادی، خانوادگی، اجتماعی و فرهنگی در سطحی همسان و تقریباً متوسط انتخاب شدند. هیچ‌کدام از کودکان انتخاب‌شده در فعالیتهای بدنی سازمان‌یافته مشارکت نداشتند. تمام این معیارها به‌وسیله



سؤال‌های تدوین شد و در قالب پرسش‌نامه‌ای محقق ساخته ارزیابی شدند. فرم رضایت‌نامه شخصی مشارکت در پژوهش نیز توسط والدین و کودکان آن‌ها تکمیل شد و سپس گردآوری شد. آزمودنی‌ها دو هفته قبل از آغاز فرایند اصلی پژوهش با مراحل و آزمون‌های مطالعه آشنا شدند. سپس عملکرد آنان در اجرای مهارت‌های حرکتی بنیادی شامل مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی (دویدن، پرش افقی، لی‌لی‌کردن، تاختن، سرخوردن و سسکه‌دویدن) و مهارت‌های حرکتی کنترل شیء (پرتاب از بالای شانه، دریافت کردن، مهارت‌های ضربه‌زدن به توپ، دریبل درجا، دریافت کردن و غلتاندن توپ از پایین دست)، قبل و بعد از ارائه برنامه مداخله‌ای حرکتی هشت‌هفته‌ای، به وسیله آزمون رشد حرکتی درشت‌الریخ-ویرایش دوم<sup>۱</sup> ارزیابی شد. در ادامه، پس از نمونه‌گیری بزاق کودکان، زنتوتیپ‌های ACE و ACTN-3 در محل آزمایشگاه واقع در دانشکده علوم پایه دانشگاه لرستان تعیین شدند. در این پژوهش برای جمع‌آوری داده‌ها ابزارها و برنامه مداخله‌ای حرکتی به کار رفت. پرسش‌نامه محقق ساخته اطلاعات فردی والدین و کودکان: در این پرسش‌نامه از سطح تحصیلات والدین، میزان طلاق، غیبت و حضورنداشتن والدین در خانه، بیماری یا معلولیت والدین و کودکان، وضعیت شغلی، اعتیاد، تعداد فرزندان و میزان درآمد خانواده پرسش شد. بعد از تکمیل و جمع‌آوری اطلاعات این پرسش‌نامه تلاش شد تا والدین و فرزندان، سالم و از نظر وضعیت اقتصادی، خانوادگی، اجتماعی و فرهنگی در سطحی همسان و متوسط انتخاب شوند. آزمون رشد حرکتی درشت‌الریخ-ویرایش دوم: این آزمون، ۱۲ مهارت حرکتی درشت را می‌سنجد که دربرگیرنده دو خرده‌آزمون جابه‌جایی شامل مهارت‌های دویدن، تاختن، لی‌لی‌کردن، گام کشیده (توانایی اجرای مهارت‌های وابسته به پریدن از روی شیء)، پرش افقی و سرخوردن و همچنین خرده‌آزمون کنترل شیء شامل مهارت‌های ضربه‌زدن به توپ ساکن (با باتون)، دریبل درجا، دریافت کردن، ضربه‌زدن با پا، پرتاب از بالای شانه و غلتاندن توپ از پایین دست است. در این آزمون هر مهارت حرکتی به بخش‌هایی تقسیم می‌شود و نمرات براساس اینکه آیا کودک آن معیارها را نشان می‌دهد یا خیر، به صورت نمره‌های صفر و یک داده می‌شود. اگر کودک مهارت مدنظر را نشان دهد، نمره یک دریافت می‌کند و اگر کودک مهارت مدنظر را نشان ندهد، نمره صفر به او تعلق می‌گیرد. این آزمون دو نمره خام اصلی دارد که به خرده‌آزمون‌های جابه‌جایی و کنترل شیء مربوط است. نمره مربوط به ملاک‌های عملکردی هر یک از مهارت‌ها (شش مهارت جابه‌جایی و شش مهارت کنترل

## 1. Ulrich's Gross Motor Development Test II (TGMD-2)



شیء) جمع زده می‌شود تا نمره خام هر مهارت به دست آید. سپس با جمع‌زدن نمره خام مهارت‌ها، نمره خام هر کدام از خرده‌آزمون‌های جابه‌جایی و کنترل شیء به دست می‌آید (۱، ۲). برنامه مداخله‌ای حرکتی: این برنامه که براساس برنامه حرکتی اسپاراک اجرا شد، شامل فعالیت‌هایی است که قابلیت اجرا در مهدکودک‌ها و مدارس مختلف را دارد و دربرگیرنده فعالیت‌های مرتبط با تندرستی و فعالیت‌های مرتبط با مهارت است. هدف فعالیت‌های مرتبط با تندرستی، افزایش قدرت عضلانی، آمادگی قلبی-عروقی، انعطاف‌پذیری و رشد مهارت‌های حرکتی است. در همین راستا، هدف فعالیت‌های مرتبط با مهارت، رشد مهارت‌های دستکاری عمومی و مهارت‌های مرتبط با ورزش است. به‌طورکلی، این برنامه به شیوه‌ای طراحی شد تا اهدافی نظیر افزایش آمادگی بدنی و ارتقای سطح عملکرد مهارت‌های حرکتی توأم با کسب لذت از انجام‌دادن فعالیت‌های بدنی محقق شود. این برنامه در هر جلسه به مدت ۴۵ دقیقه، شامل ۱۵ دقیقه گرم‌کردن، ۱۰ دقیقه تمرین فعالیت‌های مرتبط با تندرستی و مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی، ۱۰ دقیقه تمرین فعالیت‌های مرتبط با تندرستی و مهارت‌های حرکتی دستکاری و درنهایت ۱۰ دقیقه سردکردن، به مدت هشت هفته و هفته‌ای سه جلسه اجرا شد (جدول شماره یک). اثرات مثبت این برنامه (که بیشتر مبتنی بر خنده و بازی است) در چندین پژوهش انجام‌شده درباره رشد مهارت‌های حرکتی نشان داده شده است (۲۸).

جدول ۱- جلسات برنامه مداخله‌ای حرکتی

جلسات	گرم‌کردن و فعالیت‌های نوع اول	فعالیت‌های نوع دوم و سردکردن
۱	گرم‌کردن، راه‌رفتن روی پاشنه و پنجه، پرش با چرخش	پرتاب توپ به بالا، پرتاب توپ به دیوار، سردکردن
۲	گرم‌کردن، پرش از روی طناب، دویدن آرام	پرتاب توپ به بالا، دربیل آزاد، سردکردن
۳	گرم‌کردن، گرگم به هوا، بشین پاشو، سرخوردن	هدف‌گیری، ردوبدل کردن توپ از بین پاها و بالای سر، سردکردن
۴	گرم‌کردن، پرش در حلقه‌ها، لی‌لی در حلقه‌ها	وسطی، پاس‌کاری توپ، دربیل آزاد، سردکردن
۵	گرم‌کردن، عمو زنجیر باف، بشین پاشو، یورتمه	هفت‌سنگ، طناب‌کشی، سردکردن
۶	گرم‌کردن، بالا بلندی پریدن و زدن دست‌ها به هم	دربیل خطی، حرکت و ضربه به توپ، سردکردن
۷	گرم‌کردن، پرش از روی دو خط به صورت جفت	خرس وسط، قایم باشک، عمو زنجیربا، سردکردن
۸	گرم‌کردن، هفت‌سنگ، مسابقه با گونی	زدن توپ به دایره روی دیوار، عمو زنجیربا، سردکردن
۹	گرم‌کردن، گرگم به هوا، بشین پاشو	طناب‌کشی، عمو زنجیربا، سردکردن
۱۰	گرم‌کردن، هفت‌سنگ، مسابقه با گونی	پرتاب توپ به بالا، پاس‌دادن توپ با دست، سردکردن



استخراج DNA و تعیین ژنوتیپ‌های ACE و ACTN-3: استخراج DNA کودکان با نمونه‌گیری بزاق کودکان و با استفاده از کیت استخراج DNA، مطابق با دستورالعمل شرکت سازنده (شرکت Takara ژاپن) انجام شد. همچنین تعیین ژنوتیپ برای ACE I/D و ACTN-3 R/X به وسیله‌ی واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR)، انجام شد (مدل A100، چین). پرایمرهای PCR برای پلی‌مورفیسم ACE I/D با توالی رفت (CTGGAGACCACTCCCATCCTTTCT) و برگشت (GATGTGGCCATCACATTTCGTCAGAT) انجام شد. آلل‌های I و D به ترتیب در قطعه ۱۹۰ و ۴۹۰ bp تعیین شد. پرایمرهای PCR برای پلی‌مورفیسم ACTN-3 R/X دارای توالی رفت (CTGTTGCCTGTGGTAAGTGGG) و برگشت (TGGTCACAGTATGCAGGAGGG) بود که آلل‌های R و X در قطعه ۲۹۰ تعیین شدند. محصولات PCR با استفاده از آنزیم TaqI (شرکت Takara ژاپن)، برای ۱۲ ساعت و در دمای ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تلخیص شدند. در این پژوهش برای تحلیل آماری داده‌ها ابتدا با استفاده از آزمون خی‌دو، فراوانی ژنوتیپ‌های ACE و ACTN-3 برای تطابق با اصل هاردی-وینبرگ بررسی شد. در ادامه، پس از تأیید نرمال بودن و آزمون همگنی واریانس داده‌ها، از آزمون تحلیل کوارینانس با حذف اثر پیش‌آزمون عملکردی به منظور بررسی اثر ژنوتیپ‌های گوناگون ACE و ACTN-3 بر قابلیت تمرین‌پذیری و ارتقای سطح عملکرد حرکتی کودکان در اجرای مهارت‌های حرکتی بنیادی، در پاسخ به برنامه‌ی مداخله‌ای حرکتی استفاده شد. در این پژوهش، براساس این فرض که کودکان حامل آلل D ژن ACE، و آلل R ژن ACTN-3 به ترتیب در مقایسه با کودکان حامل هموزیگوت‌های ACE II، و ACTN-3 XX از زمینه‌ی مناسب‌تری برای اندازه‌ی عضلانی بزرگ‌تر، قدرت و توان عضلانی بیشتر و متعاقباً از سطح عملکرد حرکتی بالاتری برخوردار هستند، اثر ترکیبی ژنوتیپ‌های DD و ID (ID+DD)، در مقایسه با هموزیگوت‌های ACE II و ژنوتیپ‌های RR و RX (RR+RX) در مقایسه با هموزیگوت‌های ACTN-3 XX، بر قابلیت تمرین‌پذیری و ارتقای سطح عملکرد حرکتی کودکان بررسی شد. در همین راستا، اثر ترکیبی ژنوتیپ‌های ACE و ACTN-3 در کودکان حامل ترکیب ژنوتیپی «بهینه» (DD یا ID + ACE RX یا ACTN-3 RR) در مقایسه با کودکان حامل ترکیب ژنوتیپی «زیربهینه» (دارا بودن یکی یا هر دو ژنوتیپ ACE II و یا ACTN-3 XX) نیز بر تمرین‌پذیری و ارتقای سطح عملکرد حرکتی کودکان بررسی شد.

## نتایج

بررسی نتایج آزمون خی‌دو نشان داد که فراوانی ژنوتیپ‌های ژن ACE (II = 22%، DD = 28% و ID = 50%) و ACTN-3 (XX = 20%، RR = 46%، RX = 34%) در تعادل با اصل هاردی وینبرگ



( $P = 0.841$ ) است. در همین راستا، همان‌طور که در جدول شماره دو ملاحظه می‌شود، نتایج تحلیل کواریانس با حذف اثر پیش‌آزمون نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های متفاوت ACE I/D برخلاف مهارت‌های حرکتی کنترل‌شده ( $P = 0.350, F = 1.074$ )، در پاسخ به برنامه تمرینی اثر متفاوت و معنادار ( $P = 0.000, F = 23.543$ ) بر سطح عملکرد مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی دارند. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که سطح عملکرد مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی در کودکان دارای ژنوتیپ (II) در مقایسه با کودکان دارای ژنوتیپ (DD) ( $P = 0.000$ ) و (ID) ( $P = 0.000$ ) در سطح پایین‌تری قرار دارد. همچنین زمانی که ژنوتیپ‌های DD و ID ژن ACE با هم ترکیب شدند، نتایج نشان داد که کودکان حامل ترکیب ژنوتیپی (DD+ID) در مقایسه با کودکان حامل ژنوتیپ (II) برخلاف مهارت‌های حرکتی کنترل‌شده ( $P = 0.759, F = 0.095$ )، در پاسخ به برنامه تمرینی اثر متفاوت و معنادار بر عملکرد مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی ( $P = 0.000, F = 29.318$ ) دارند.

جدول ۲- اثر ژنوتیپ‌های متفاوت ACE I/D در پاسخ به برنامه تمرینی بر عملکرد مهارت‌های حرکتی بنیادی کودکان

Table 2 - The effect of different ACE I/D genotypes in response to exercise program on the performance of children's fundamental movement skills

DD+ID (n=39)	ژنوتیپ‌های ACE			متغیرها Variables
	II (n=11)	DD (n=14)	ID (n=25)	
28.3±9.006	9.868 26.1±	28.2±9.197	7.685 29.1±	پیش‌آزمون pretest
7.953*# 31.1±	8.867 28.1±	91.120 ** 31.2±	7.657 32.1±	پس‌آزمون posttest
				Locomotor motor skills
22.4±6.996	8.328 21.1±	22.2±3.155	14.748 22.3±	پیش‌آزمون pre-test
25.5±3.755	7.348 24.3±	8.795# 24.4±#	7.692 25.2±	پس‌آزمون posttest
				کنترل‌شده object Control motor skills

\*\*  $P < 0.01$ : اثر متفاوت و معنادار ژنوتیپ‌های DD و ID در مقایسه با ژنوتیپ II بر بهبود سطح عملکرد مهارت‌های

حرکتی جابه‌جایی در پاسخ به برنامه تمرینی

#  $P < 0.01$ : اثر متفاوت و معنادار ترکیب ژنوتیپی (ID + DD) در مقایسه با ژنوتیپ II بر بهبود سطح عملکرد

مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی در پاسخ به برنامه تمرینی



همان‌طور که در جدول شماره سه ملاحظه می‌شود، نتایج تحلیل کوارینانس با حذف اثر پیش‌آزمون نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های متفاوت ACTN-3 R/X برخلاف مهارت‌های حرکتی کنترل‌شده (P = 0.980, F = 0.020)، اثر متفاوت و معنادار (P = 0.000, F = 10.459) بر تمرین‌پذیری و بهبود سطح عملکرد مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی دارند. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که رشد مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی در کودکان دارای ژنوتیپ (XX) در مقایسه با کودکان دارای ژنوتیپ (RR) (P = 0.000) و (RX) (P = 0.000)، در سطح پایین‌تری قرار دارد. همچنین زمانی که ژنوتیپ‌های RR و RX ژن ACTN-3 با هم ترکیب شدند، نتایج نشان داد کودکان حامل ترکیب ژنوتیپی (RR+RX) در مقایسه با کودکان حامل ژنوتیپ (XX) برخلاف مهارت‌های حرکتی کنترل‌شده (P = 0.840, F = 0.041) اثر متفاوت و معناداری بر تمرین‌پذیری و بهبود سطح عملکرد مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی (P = 0.000, F = 36.672) دارند.

جدول ۳- اثر ژنوتیپ‌های متفاوت ACTN-3 R/X در پاسخ به برنامه تمرینی بر عملکرد مهارت‌های حرکتی بنیادی کودکان

Table 3 - The effect of different ACTN-3 R/X genotypes in response to exercise program on the performance of children's fundamental movement skills

RR+RX (n=40)	ژنوتیپ‌های ACTN-3 Genotypes of ACTN-3			متغیرها Variables
	RR (n=23)	XX (n=10)	RX (n=17)	
28.22±9.986	29.14±2.953	9.853 25.9±	3.331 28.12±	پیش‌آزمون pretest
9.953 <sup>#</sup> 31.21±	7.992 32.12±**	9.854 27.4±	5.906 31.11±	پس‌آزمون posttest
22.11±8.974	22.9±9.994	3.247 21.7±	12.996 22.16±	پیش‌آزمون pretest
25.12±3.732	28.12±3.331	3.331 28.8±	3.331 28.14±	پس‌آزمون Posttest

\*\* P < 0.01: اثر متفاوت و معنادار ژنوتیپ‌های RR و RX در مقایسه با ژنوتیپ XX بر بهبود سطح عملکرد مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی در پاسخ به برنامه تمرینی  
# P < 0.01: اثر متفاوت و معنادار ترکیب ژنوتیپی (RR + RX) در مقایسه با ژنوتیپ XX بر بهبود سطح عملکرد مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی در پاسخ به برنامه تمرینی



همان‌طور که در جدول شماره چهار ملاحظه می‌شود، براساس فرضیه‌های پژوهش، اثر ترکیب نیمرخ ژنوتیپی بهینه (DD یا ACE ID یا RX + ACE یا ACTN-3 RR) در مقابل ترکیب نیمرخ ژنوتیپی زیربهینه (دارا بودن یکی یا هر دو ژنوتیپ ACE II و یا ACTN-3 XX) مقایسه شد. نتایج تحلیل کواریانس نشان داد کودکان دارای نیمرخ ژنوتیپی بهینه ( $n = 39$ ) در مقایسه با کودکان دارای نیمرخ ژنوتیپی زیربهینه ( $n = 11$ )، در پاسخ به برنامه مداخله‌ای حرکتی، برخلاف مهارت‌های حرکتی کنترل شیء ( $F = 0.095, P = 0.759$ ) در مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی ( $F = 84.106, P = 0.000$ ) تمرین‌پذیرتر بودند و از سطح عملکرد بالاتری در اجرای مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی برخوردار بودند.

جدول ۴- مقایسه اثربخشی نیمرخ ژنوتیپی بهینه (DD یا ACE ID یا RX + ACE یا ACTN-3 RR) در مقایسه با نیمرخ ژنوتیپی زیربهینه (دارا بودن یکی یا هر دو ژنوتیپ ACE II و یا ACTN-3 XX) بر بهبود عملکرد مهارت‌های حرکتی بنیادی در پاسخ به برنامه تمرینی

**Table 4- Comparison of the effectiveness of the optimal genotype profile (DD or ID ACE + RX or ACTN-3 RR) compared to the suboptimal genotype profile (having one or both ACE II or ACTN-3 XX genotypes) on improving the performance of Fundamental motor skills in response to Exercise program**

متغیرها Variables	نیمرخ ژنوتیپی بهینه Optimal genotype profile (n=39)	نیمرخ ژنوتیپی زیربهینه Suboptimal genotype profile (n=11)
مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی	28.97±2.006	26.09±1.856
Locomotor motor skills	31.69±1.953**	28.07±1.865
مهارت‌های حرکتی کنترل شیء	26.22±1.996	21.18±1.328
Object Control motor skills	25.03±1.755	27.24±1.348

\*\*  $P < 0.01$ : اثر متفاوت و معنادار نیمرخ ژنوتیپی بهینه در مقایسه با نیمرخ ژنوتیپی زیربهینه بر بهبود سطح عملکرد

مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی کودکان در پاسخ به برنامه تمرینی





## بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر ژنوتیپ‌های گوناگون ACE I/D و ACTN-3 R/X بر بهبود سطح عملکرد مهارت‌های حرکتی بنیادی کودکان در پاسخ به برنامه مداخله‌ای حرکتی انجام شد. نتایج نشان داد که کودکان حامل آلل ACE D، به‌طور مجزا (DD یا ID) و ترکیبی (DD+ID) در مقایسه با کودکان دارای هموزیگوت‌های II و کودکان حامل آلل ACTN-3 R، به‌طور مجزا (RR یا RX) و ترکیبی (RR+RX) در مقایسه با کودکان دارای هموزیگوت‌های XX در پاسخ به برنامه مداخله‌ای حرکتی از سطح پیشرفت بالاتری در اجرای مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی برخوردار بودند. همچنین کودکان حامل ترکیب ژنوتیپی بهینه (DD یا DD+ACE ID یا RX+ACTN-3 RR) در مقایسه با کودکان حامل ترکیب ژنوتیپی زیربهینه (دارا بودن یکی یا هر دو ژنوتیپ ACE II و یا ACTN-3 XX) در پاسخ به برنامه مداخله‌ای حرکتی از سطح پیشرفت بالاتری در اجرای مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی برخوردار بودند، اما هیچ‌کدام از این تفاوت‌ها در عملکرد مهارت‌های حرکتی کنترل‌شده مشاهده نشد.

مهارت‌های حرکتی بنیادی کودکان، الگوهای حرکتی هدفمندی هستند که برای کسب شایستگی و تبحر در مهارت‌های ورزشی در سطوح بالاتر ضروری هستند (۴). این مهارت‌ها که به‌عنوان پایگاه اصلی<sup>۱</sup> مهارت‌های حرکتی پیشرفته در نظر گرفته می‌شوند، با میزان مشارکت کودکان، نوجوانان و بزرگسالان در فعالیت‌های بدنی نیز مرتبط هستند (۵)؛ بنابراین شناسایی عوامل مؤثر و زیرساز این دسته از مهارت‌های حرکتی می‌تواند اهمیت زیادی در شناسایی و هدایت استعدادها برتر ورزشی و همچنین فراهم کردن زمینه مناسب برای ارائه برنامه‌های مطلوب مداخله‌ای داشته باشد. نکته درخور توجهی که از زمان شناسایی ژن ACE به‌عنوان یک ژن مؤثر در عملکرد جسمانی و ورزشی مطرح شده است، این است که پلی‌مورفیسم‌های ACE I/D در فعالیت سیستم رنین-آنژیوتانسین با یکدیگر متفاوت‌اند و آلل D در مقایسه با آلل I فعالیت بیشتری از آنژیوتانسین II را نشان می‌دهد. آنژیوتانسین II برداشت اکسیژن ناشی از انقباض را طی تحریک غیرارادی عضلانی افزایش می‌دهد و جریان خون به تارهای عضلانی نوع دوم را که در عملکرد قدرتی و توانی مؤثرند، افزایش می‌دهد. همچنین آنژیوتانسین II باعث افزایش تجزیه برادی‌کینین می‌شود. برادی‌کینین، عامل بازدارنده نمو است. از طرفی، تحریک مستقیم رشد سلولی که به هیپرتروفی عضلانی و القای عوامل درون‌زای رشد منجر می‌شود، توسط آنژیوتانسین II تسهیل می‌شود (۹، ۳). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که آنژیوتانسین

### 1. Base Camp



II در اثربخشی برنامه‌های مداخله‌ای ورزشی و اعمال بارهای مکانیکی به‌عنوان تنظیم‌کننده هیپرتروفی عضلات اسکلتی عمل می‌کند. علاوه‌براین، نشان داده شده است که مهار گیرنده آنژیوتانسین I که تحریک آنژیوتانسین II را تسهیل می‌کند، از افزایش توده عضله و نیروی انقباضی ناشی از تمرینات ورزشی جلوگیری می‌کند (۲۰، ۱۹)؛ بنابراین همان‌طور که نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد، اینکه کودکان حامل آلل ACE D به‌صورت مجزا (DD یا ID) و ترکیبی (DD+DI) در مقایسه با کودکان دارای هموزیگوت‌های II از قابلیت تمرین‌پذیری و ارتقای سطح عملکرد حرکتی بالاتری در پاسخ به برنامه مداخله‌ای حرکتی برخوردار باشند، دور از انتظار نیست. تعدادی از مطالعات به‌وضوح نشان داده‌اند که کودکان پیش از بلوغ در صورت ارائه برنامه‌های صحیح تمرینی و با نظارت درست با مدت و شدت مناسب، توانایی بهبود فنوتیپ‌های زیربنایی اجرای مهارت‌های حرکتی (مانند قدرت عضلانی) را دارند (۶، ۲، ۱).

در همین راستا، نکته حائز اهمیت در ارتباط با ژن ACTN-3 این است که ژنوتیپ (XX) در مقایسه با ژنوتیپ (RR)، قادر به تولید مقدار کمتری از آلفا اکتینین-سه است. برخلاف آلفا اکتینین-دو، بیان آلفا اکتینین-سه، تنها به تارهای عضلانی تند انقباضی محدود است که مسئول تولید نیرو با سرعت و قدرت زیاد است؛ براین اساس، نقش‌هایی که به آلفا اکتینین-سه نسبت داده می‌شود، شامل تغییر ویژگی‌های انقباضی سارکومر در تارهای عضلانی تند انقباض، تأثیر بر تمایزگذاری و هیپرتروفی تارهای عضلانی از طریق ارتباط غیرمستقیم آلفا اکتینین و پروتئین‌های پیام‌رسان مانند کلسی‌نورین<sup>۱</sup> و تغییر ویژگی‌های متابولیک تارهای عضلانی از راه آنزیم‌های متابولیک است؛ در نتیجه، حضور و نقش آلفا اکتینین-سه، به‌عنوان عاملی که می‌تواند در تولید نیرو و عملکرد سرعتی-قدرتی نقش داشته باشد، مدنظر پژوهشگران است (۲۱، ۱۰، ۹، ۶، ۳). یافته‌های پژوهشی نشان داده‌اند که ظرفیت تولید نیروی تارهای تند انقباض گلیکولیتیک و ظرفیت فرد برای سازگاری با تمرینات ورزشی به‌شدت از متغیرهای ژنتیکی متأثر می‌شود. در همین زمینه، ژن ACTN-3 به‌عنوان یکی از ژن‌های کاندیدا، مدنظر بسیاری از پژوهشگران این حوزه قرار گرفته است. بیان آلفا اکتینین-سه به تارهای عضلانی تند انقباض محدود می‌شود و برخلاف ژنوتیپ‌های (XX)، ژنوتیپ‌های (RR) و (RX) مقادیر زیادی از آلفا اکتینین-سه را در خود جای می‌دهد و بیان می‌کند (۲۳، ۲۲، ۱۳، ۱۰، ۹، ۶، ۳)؛ از این رو، همان‌طور که نتایج پژوهش حاضر نیز تأیید می‌کند، کودکان برخوردار از آلل ACTN-3 R به‌صورت مجزا (RX یا RR) و ترکیبی (RR+RX) در مقایسه با کودکان دارای هموزیگوت‌های II، در پاسخ به برنامه مداخله‌ای

### 1. Calcineurin



حرکتی از قابلیت تمرین‌پذیری و پیشرفت سطح عملکردی بالاتری در اجرای مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی برخوردار بودند. برخلاف مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی، عملکرد مهارت‌های حرکتی کنترل شیء در کودکان برخوردار از ژنوتیپ متفاوت ACE و ACTN-3، در پاسخ به برنامه مداخله‌ای حرکتی تفاوت معناداری را نشان ندادند. در تبیین این یافته می‌توان گفت هرکدام از مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی (شامل دویدن، تاختن، سرخوردن، لی‌لی‌کردن، سکسکه‌دویدن و پرش طول)، نیازمند برخورداری افراد از قدرت و توان درخور ملاحظه‌ای برای انجام‌دادن کارآمد این نوع از مهارت‌های حرکتی بنیادی‌اند. پایین و ایساکس<sup>۱</sup> از قدرت و توان عضلانی، به‌عنوان مهم‌ترین محدودکننده‌های رشد الگوی مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی مانند دویدن و پریدن نام برده‌اند (۵، ۴)؛ این در حالی است که برخی از مهارت‌های حرکتی کنترل شیء مانند پرتاب‌کردن نیازمند قدرت و توان عضلانی درخور ملاحظه‌ای می‌باشند، اما مهارتی مانند دریافت‌کردن بیشتر از آنکه به مؤلفه‌ای مانند قدرت نیازمند باشد، مستلزم مؤلفه‌های دیگری مانند هماهنگی چشم-دست و تطابق هم‌زمانی فضایی-زمانی است (۲۹). این موضوع ممکن است یکی از دلایل احتمالی عدم معنادار شدن اختلاف سطح عملکرد مهارت‌های حرکتی کنترل شیء در افراد برخوردار از ژنوتیپ گوناگون ژن ACE و ACTN-3 در پاسخ به برنامه مداخله‌ای حرکتی باشد؛ هرچند این امر مستلزم انجام‌دادن مطالعات و بررسی‌های گسترده‌تری است.

علاوه بر بررسی اثرات جداگانه، اثر ترکیبی پلی‌مورفیسم‌های ACE I/D و ACTN-3 R577/X را در قالب نیم‌رخ ژنوتیپی بهینه و زیربهینه بر تمرین‌پذیری و بهبود سطح عملکرد حرکتی کودکان در پاسخ به برنامه مداخله‌ای حرکتی بررسی کردیم. پی بردیم که کودکان دارای نیم‌رخ ژنوتیپی «بهینه» در مقایسه با کودکان دیگر، در مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی در پاسخ به برنامه مداخله‌ای حرکتی ارائه‌شده، از قابلیت تمرین‌پذیری و بهبود سطح عملکردی حرکتی بالاتری برخوردارند. با توجه به اثر هرکدام از ژنوتیپ‌های حامل آلل D ژن ACE و آلل R ژن ACTN-3، به‌طور جداگانه بر مهارت‌های حرکتی بنیادی کودکان و توضیحاتی که درباره علل احتمالی آن ذکر شد، این یافته نیز دور از انتظار نیست؛ اگرچه در همین راستا نیز یافته‌های متناقضی وجود دارد که نبود ارتباط معنادار بین فنوتیپ‌های مرتبط با قدرت-توان عضلانی و ژنوتیپ‌های ACE و ACTN-3 در جوانان و سالمندان گزارش شده است (۲۱، ۱۸، ۱۰).

## 1. Payne & Isaacs



براساس اطلاعات ما، پژوهش حاضر نخستین مطالعه‌ای است که نشان می‌دهد کودکان برخوردار از آلل ACE D و آلل ACTN-3 R، به ترتیب در مقایسه با کودکان برخوردار از هموزیگوت‌های II و XX و کودکان برخوردار از نیم‌رخ ژنوتیپی «بهینه» (DD یا RX + ACE ID یا ACTN-3 RR) در مقایسه با کودکان برخوردار از نیم‌رخ ژنوتیپی «زیربهینه» (دارا بودن یکی یا هر دو ژنوتیپ ACE II و یا ACTN-3 XX)، از قابلیت تمرین‌پذیری و اجرای پیشرفته‌تر مهارت‌های حرکتی جابه‌جایی در پاسخ به برنامه‌ی مداخله‌ای حرکتی برخوردار بودند؛ بنابراین رشد و اکتساب مهارت‌های حرکتی بنیادی در میزان ترغیب کودکان به مشارکت در فعالیت‌های بدنی و متعاقباً یادگیری مهارت‌های ورزشی در دوران نوجوانی، جوانی و بزرگسالی و همچنین اهمیت شناسایی متغیرهای ژنتیکی مرتبط با عملکرد ورزشی در طول یک دهه‌ی گذشته اهمیت دارد؛ از این رو می‌توان پل ارتباطی دوطرفه‌ای را بین کسب شایستگی و تبحر در اجرای مهارت‌های حرکتی بنیادی، دارا بودن نیم‌رخ ژنتیکی مطلوب از ژنوتیپ‌های ACE I/D و ACTN-3 R/X و رسیدن به سطوح نخبگی در اجرای مهارت‌های ورزشی سطح بالا متصور شد (۱، ۳، ۱۷).

## تشکر و قدردانی

از اساتید محترم گروه‌های رفتار حرکتی و فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی تهران و همچنین همه‌ی دوستان و عزیزانی که ما را در انجام‌شدن این پژوهش یاری رساندند، تشکر فراوان می‌کنیم.

## منابع

1. Branta C, Haubenstricker J, Seefeldt V. Age changes in motor skills during childhood and adolescence. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 1984;12:467-520.
2. Hardy LL, King L, Farrell L, Macniven R, Howlett S. Fundamental movement skills among Australian preschool children. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2010;13(5):503-8.
3. O'keeffe S, Harrison A, Smyth P. Transfer or specificity? An applied investigation into the relationship between fundamental overarm throwing and related sport skills. *Physical Education and Sport Pedagogy*. 2007;12(2):89-102.
4. 4.Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway J. *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults*. New York; 2006.
5. Payne VG, Isaacs LD. *Human motor development: a lifespan approach*. London: Routledge; 2017.
6. Collins M, Posthumus M. *Genetics and sports*. Basel: Karger; 2009.



7. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation, and physical activity. New York: Human Kinetics; 2004.
8. Peeters M, Thomis M, Loos R, Derom C, Fagard R, Claessens A, et al. Heritability of somatotype components: a multivariate analysis. *International Journal of Obesity*. 2007;31(8):1295.
9. Ellis L, Collins C, Brown J, Pooley W. Is AGT the new gene for muscle performance? an analysis of AGT, ACTN3, PPARA and IGF2 on athletic performance, muscle size and body fat percentage in caucasian resistance training males. *J Athl Enhanc*. 2017; Vol: 6 Issue: 4: 72-92. .
10. Bray MS, Hagberg JM, Perusse L, Rankinen T, Roth SM, Wolfarth B, et al. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006-2007 update. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2009;41(1):35-73.
11. Moran CN, Vassilopoulos C, Tsiokanos A, Jamurtas AZ, Bailey ME, Montgomery HE, et al. The associations of ACE polymorphisms with physical, physiological and skill parameters in adolescents. *European Journal of Human Genetics*. 2006;14(3):332.
12. Moran CN, Yang N, Bailey ME, Tsiokanos A, Jamurtas A, MacArthur DG, et al. Association analysis of the ACTN3 R577X polymorphism and complex quantitative body composition and performance phenotypes in adolescent Greeks. *European Journal of Human Genetics*. 2007;15(1):88.
13. Tobina T, Michishita R, Yamasawa F, Zhang B, Sasaki H, Tanaka H, et al. Association between the angiotensin I-converting enzyme gene insertion/deletion polymorphism and endurance running speed in Japanese runners. *The Journal of Physiological Sciences*. 2010;60(5):325-30.
14. Kim K, Ahn N, Cheun W, Byun J, Joo Y. Association of angiotensin converting enzyme I/D and  $\alpha$ -actinin-3 R577X genotypes with growth factors and physical fitness in Korean children. *The Korean Journal of Physiology & Pharmacology*. 2015;19(2):131-9.
15. Scott RA, Moran C, Wilson RH, Onywera V, Boit MK, Goodwin WH, et al. No association between angiotensin converting enzyme (ACE) gene variation and endurance athlete status in Kenyans. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2005;141(2):169-75.
16. Ahmetov II, Williams AG, Popov DV, Lyubaeva EV, Hakimullina AM, Fedotovskaya ON, et al. The combined impact of metabolic gene polymorphisms on elite endurance athlete status and related phenotypes. *Human Genetics*. 2009;126(6):751.
17. Pereira A, Costa AM, Leitão JC, Monteiro AM, Izquierdo M, Silva AJ, et al. The influence of ACE ID and ACTN3 R577X polymorphisms on lower-extremity function in older women in response to high-speed power training. *BMC Geriatrics*. 2013;13(1):131.



18. Erskine RM, Williams AG, Jones DA, Stewart CE, Degens H. The individual and combined influence of ACE and ACTN3 genotypes on muscle phenotypes before and after strength training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2014; 24(4):642-8.
19. Khaledi N, Milani RF, Arjomand S. Frequency of gene polymorphisms associated with physical function and athletic genetics talent in Iranian population and elite athletes. *Journal of Applied Exercise Physiology*. 2015;4(21):110-16. (In Persian).
20. Jago R, Davison KK, Brockman R, Page AS, Thompson JL, Fox KR. Parenting styles, parenting practices, and physical activity in 10-to 11-year-old. *Preventive Medicine*. 2011;52(1):44-7.
21. Druzhevskaya AM, Ahmetov II, Astratenkova IV, Rogozkin VA. Association of the ACTN3 R577X polymorphism with power athlete status in Russians. *European Journal of Applied Physiology*. 2008;103(6):4-451.
22. Yang N, Macarthur DG, Wolde B, Onywera VO, Boit M, Lau SYM-a, et al. The ACTN3 R577X polymorphism in East and West African athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2007;39(11):1985-8.
23. Salehi M, Ahmadpor A, Mohades M. Investigation of ACTN-3 gene polymorphism in Iranian Elite athletes. *Sport Physiology*. 2012;8(13):13-22. (In Persian).
24. Ahmetov II, Gavrilov DN, Astratenkova IV, Druzhevskaya AM, Malinin AV, Romanova EE, et al. The association of ACE, ACTN3 and PPARA gene variants with strength phenotypes in middle school-age children. *The Journal of Physiological Sciences*. 2013;63(1):79-85.
25. Batavani M, Marandi S, Ghaedi K, Asfrjani. Frequency of angiotensin-converting enzyme (ACE) gene polymorphism rs4646994 genetic polymorphism in professional karate athletes and comparison with non-athletes and amateurs. *Journal of Applied Sport Physiology (Journal of Sport Science)*. 2013;34(406):1323-9. (In Persian).
26. Falah A, Ziafalah M, Mehrdad B, Reza Gh, Mohsen A. The R577X polymorphism of the ACTN3 gene is associated with the status of Iranian elite judokas. *Journal of Applied Sport Physiology*. 2018;14(28):151-8. (In Persian).
27. Nazarpouri Sh, Bahram A. The effect of ACE and ACTN-3 difference genotypes on fundamental movement skills development in 4-6 years old children. *Motor Behavior*. 2019;14(45):111-24. (In Persian).
28. Mostafavi R, Ziaee V, Akbari H, Haji-Hosseini S. The effects of spark physical education program on fundamental motor skills in 4-6-year-old children. *Iranian Journal of Pediatrics*. 2013;23(2):216.
29. Magill RA. *Motor learning and control. Concepts and Applications*. New York, 2011; Tenth Edition:97-112 .



**استناد به مقاله**

نظرپوری شهرام، بهرام عباس. اثر یک دوره برنامه مداخله‌ای حرکتی منتخب بر بهبود سطح عملکرد مهارت‌های حرکتی کودکان حامل ژنوتیپ‌های متفاوت ACE و ACTN-3. رفتار حرکتی. بهار ۱۴۰۱؛ ۱۴(۴۷): ۹۱-۱۱۴. شناسه دیجیتال: 10.22089/MBJ.2020.6360.1714

Nazarpouri Sh, Bahram A. The Effect of a Period of Selected Motor Intervention Program on Improving the Performance of Motor Skills of Children Carrying ACE and ACTN-3 Different Genotypes. Motor Behavior. Spring 2022; 14 (47): 91-114. (In Persian). Doi: 10.22089/MBJ.2020.6360.1714

