اثر ژنوتیپ‌های متفاوت ACE(I/D) و ACTN-3 (R/X) بر بعضی از عوامل آمادگی جسمانی و عملکرد مهارت‌های حرکتی کودکان پسر ۶ تا ۸ سال

امید محمدیان*[۱]، عباس بهرام[۱]، فرهاد قدیری[۱]، رسول یاعلی[۱]، زهره مظاهری تیرانی[۳]

۱. گروه رفتار حرکتی، دانشکدهٔ تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۲. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

۳. مرکز تحقیقات علوم پایه پزشکی، شرکت فن‌آوران بافت و ژن پاسارگاد، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۱۴ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۹/۱۵

چکیده

مقدمه: شناسایی عوامل مؤثر بر عملکرد جسمانی و رشد مهارت‌های حرکتی کودکان می‌تواند اهمیت فراوانی در مشارکت در فعالیت بدنی، پیشگیری از اضافه‌وزن و چاقی و همچنین شناسایی و هدایت استعدادهای برتر ورزشی کودکان داشته باشد؛ ازاین‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر ژنوتیپ‌های متفاوت ACE (I/D) و ACTN-3 (R/X)، بر بعضی از عوامل آمادگی جسمانی و عملکرد مهارت‌های حرکتی کودکان انجام‌شده است.

مواد و روش‌ها: جامعهٔ آماری این پژوهش، شامل همهٔ کودکان پسر مدرسه‌ای ۶ الی ۸ ساله از شهر تهران بود که به شکل تصادفی خوشه‌ای، تعداد ۵۰ نفر به‌عنوان نمونهٔ پژوهش انتخاب شدند. ابزار گردآوری اطلاعات، شامل آزمون‌های آمادگی جسمانی، آزمون مهارت‌های حرکتی درشت اولریخ- ویرایش سوم و استفاده از PCR برای تعیین پلی‌مورفیسم ژن ACE و ACTN-3 بود. داده‌های پژوهش با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون t مستقل در سطح معناداری $P<0.05$ تحلیل شدند.

یافته‌های پژوهش: نتایج نشان داد که کودکان برخوردار از آلل D ژن ACE، (ژنوتیپ DD یا ID)، نسبت به کودکان دارای ژنوتیپ II ($P<0.05$) و کودکان برخوردار از آلل R ژن ACTN-3 (ژنوتیپ RR یا RX)، نسبت به کودکان دارای ژنوتیپ XX ($P<0.05$)، قدرت عضلانی بیشتری در دست و پا و همچنین سطح مهارت‌های حرکتی جابجایی بالاتری دارند؛ اما تفاوت معناداری در عملکرد مهارت‌های حرکتی توپی ($P>0.05$) مشاهده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری: کودکان برخوردار از ژنوتیپ‌های DD یا ID ژن ACE و ژنوتیپ‌های RR یا RX ژن ACTN-3، سطح رشد جسمانی بالاتر و متعاقباً سطح بالاتری در اجرای مهارت‌های حرکتی جابجایی دارند و در صورت فراهم بودن شرایط محیطی مناسب، این افراد در آینده نیز، به اجرای مهارت‌های ورزشی در سطوح بالای عملکردی قادر خواهند بود.

واژه‌های کلیدی: ژنوتیپ، فنوتیپ، ژن ورزشی، آمادگی جسمانی، رشد حرکتی، کودکان

* نویسندهٔ مسئول: گروه رفتار حرکتی، دانشکدهٔ تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

Email: omohammadian10@gmail.com

Copyright © 2019 Journal of Ilam University of Medical Science. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution international 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material, in any medium or format, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.29252/sjimu.28.6.1]

مقدمه

کشف توانایی‌های بالقوهٔ افراد و هدایت آنان به مسیر درست، از مهم‌ترین اهداف فعالیت‌های حوزهٔ استعدادیابی ورزشی است. موفقیت‌های ورزشی در سطوح نخبگی، از عوامل مهمی نظیر استعداد ذاتی، شرایط روانی مطلوب و تسلط بر مهارت‌های زیربنایی متأثر است (۱). دیدگاه سیستم‌های پویا، رشد همه‌جانبهٔ کودکان به‌ویژه در حیطهٔ حرکتی و جسمانی را نتیجهٔ ترکیبی از تعاملات فردی و محیطی می‌داند که شناسایی این عوامل می‌تواند اهمیت بسیاری در مشارکت در فعالیت‌های بدنی و همچنین شناسایی و هدایت استعدادهای برتر ورزشی کودکان داشته باشد (۲). متغیرهای ژنتیکی به‌عنوان متغیرهای فردی می‌توانند فنوتیپ‌های زیربنایی عملکرد جسمانی و حرکتی کودکان مانند قدرت، توان، ترکیب و اندازهٔ تارهای عضلانی را متأثر سازند (۳). از میان بیش از ۲۰۰ ژن مرتبط با فنوتیپ‌های زیربنایی حرکتی و جسمانی که در سطوح نخبگی عملکرد مهارتی را متأثر می‌کنند، پژوهشگران به ژن‌های ACE و ACTN-3، توجه بیشتری نشان داده‌اند (۵-۳).

ژن ACE شامل حضور داشتن (I) یا حضور نداشتن (D) است که به ایجاد سه نوع ژنوتیپ (II)، (ID) و (DD) منجر می‌شود (۳). افزایش بیشتر در قدرت عضلهٔ چهارسر ران، افزایش سطح مقطع و حجم عضلهٔ دوسر بازویی و حداکثر قدرت خم‌کنندهٔ آرنج درنتیجه تمرین، با آلل D این ژن مرتبط شده است (۶). بر اساس تحقیقات انجام‌شده، ژنوتیپ (DD) بیشتر با عملکرد قدرتی ارتباط دارد و عملکرد افراد را در تکالیف سرعتی و قدرتی، بیش از ژنوتیپ‌های (II) و (ID) ارتقاء می‌دهد (۸، ۷، ۳). درحالی‌که افراد دارای آلل I، عملکرد استقامتی بهتری نسبت به افراد دیگر دارند (۹). سانترو و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش خود گزارش کردند که فراوانی توزیع آلل D در فوتبالیست‌های نخبه، نسبت به فوتبالیست‌های آماتور بیشتر است (۱۰). این در حالی است که اسکات (۲۰۰۵)، اختلاف نداشتن معنادار میان ورزشکاران نخبهٔ المپیکی و جهانی، با گروه کنترل در فراوانی ژنوتیپ‌های I/D ژن ACE را گزارش کرده است (۱۱)؛ همچنین کیم و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که پلی‌مورفیسم ژن‌های ACE و ACTN-3، ویژگی‌های آنتروپومتریکی، آمادگی جسمانی و عوامل نمو در کودکان را متأثر نمی‌کند (۱۲)؛ ازاین‌رو، می‌توان فرض کرد کودکان حامل آلل D ژن ACE، نسبت به کودکان حامل هموزیگوت‌های II، از فنوتیپ مناسب‌تری برای اندازهٔ عضلانی بزرگ‌تر، قدرت و توان عضلانی بیشتر و متعاقباً از عوامل آمادگی جسمانی و عملکرد مهارت‌های حرکتی بهتری برخوردارند. ژن ACTN-3 یکی دیگر از ژن‌های مهم مرتبط با فنوتیپ‌های زیربنایی عملکرد جسمانی و ورزشی است. این پلی‌مورفیسم، شامل یک کدون آرژنین (R) و یک کدون خاتمه (X) است که به ایجاد سه نوع ژنوتیپ (RR)، (RX) و (XX) منجر می‌شود (۳). ازآنجاکه بیان آلفاکتینین-۳ (ACTN-3) به تارهای نوع II (فیبرهای سریع گلیکولیتیک) محدودشده است؛ بنابراین، کمبود این پروتئین عملکرد تارهای نوع دوم را با مشکل مواجه می‌سازد که بزرگ‌تر، دارای انقباض سریع‌تر و همچنین قدرتمندتر از تارهای نوع اول است (۴، ۳). در این میان، عنوان شده که ژنوتیپ (XX)، نسخهٔ غیرطبیعی ژن ACTN-3 است که در آن، توالی ژنوم تغییر یافته و مانع تولید آلفاآکتینین-۳ می‌شود (۳). نتایج تحقیقات گوناگون نشان می‌دهد ژنوتیپ (RR)، نسبت به ژنوتیپ‌های (XX) و (RX) این ژن، با عملکرد سرعتی، قدرتی و توان عضلانی بهتری همراه است (۱۵-۱۳). نتایج معدود تحقیقات انجام‌شده بر روی کودکان، اثر معنادار پلی‌مورفیسم‌های ژن ACTN-3 بر اضافه‌وزن و توان عملکردی پرش طول و ایستادهٔ کودکان را نشان داده است(۱۷، ۱۶)؛ درنتیجه، با توجه به این توضیحات و یافته‌های پژوهشی می‌توان فرض کرد کودکان حامل آلل R این ژن، نسبت به کودکان حامل هموزیگوت‌های XX، به‌واسطهٔ داشتن قدرت و توان عضلانی بیشتر، عملکرد حرکتی و جسمانی بهتری دارند.

حال با توجه به ارتباط و تأثیرگذاری ژنوتیپ‌های ژن ACE و ACTN-3 بر عملکرد ورزشکاران نخبه، این پرسش مطرح می‌شود که آیا ژنوتیپ‌های گوناگون این دو ژن، بر عملکرد مهارت‌های حرکتی و آمادگی جسمانی کودکان نیز مؤثرند که زیربنای مهارت‌های

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.29252/sjimu.28.6.1]

حرکتی ورزشی در سطـــوح نخبگی هستند؟ در پژوهش‌های انجام‌شده، این موضـــوع مهم کمتر بررسی‌شده است؛ بنابراین، پژوهـش حاضر با هدف بررسی اثر ژنوتیپ‌های مـــتفاوت ACE (I/D) و ACTN-3 (R/X)، بر عملکرد مهارت‌های حرکتی و آمادگی جسمانی کودکان انجام‌شده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، مطالعه‌ای توصیفی- مقطعی است. جامعهٔ آماری این پژوهش، شامل همهٔ کودکان پسر ۶ الی ۸ ساله از منطقهٔ چهار آموزش‌وپرورش شهر تهران بود که درنهایت، ۵۰ نفر از میان آنان، به شیوهٔ نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای، به‌عنوان نمونهٔ پژوهش انتخاب شدند. معیارهای ورود برای مطالعه، شامل برخورداری کودکان از سلامت جسمانی، ذهنی و حرکتی و معیارهای خروج، شامل وجود هرگونه اعتیاد به مواد مخدر از سوی والدین و داشتن معلولیت و یا مشکلات ذهنی، جسمانی و حرکتی هم برای والدین و هم برای فرزندانشان بود. بدین منظور، هیچ‌کدام از کودکان انتخاب‌شده، در فعالیت‌های بدنی سازمان‌یافته مشارکت نداشتند. فرم رضایت‌نامهٔ شخصی مشارکت در تحقیق، از سوی والدین و کودکان انتخاب‌شدهٔ آنان تکمیل و گردآوری شد.

طرح آزمایشی: پیرو مکاتبات انجام‌شده میان دانشگاه خوارزمی و ادارهٔ کل آموزش‌وپرورش شهر تهران، مجوز لازم برای انجام آزمایش‌های مربوطه اخذ و طی نامه‌ای به مدیریت آموزش‌وپرورش منطقهٔ چهار ابلاغ شد. شرکت‌کنندگان (۵۰ نفر)، حدود ده روز پیش از آغاز فرایند اصلی پژوهش، با مراحل و آزمون‌های پژوهش آشنا شدند. در ادامه، عملکرد آنان در اجرای مهارت‌های حرکتی بنیادی، شامل مهارت‌های حرکتی جابجایی (دویدن، پرش افقی، لی‌لی کردن، تاختن، سر خوردن و سکسکه دویدن) و مهارت‌های توپی (پرتاب از بالای شانه، دریافت کردن، مهارت‌های ضربه زدن به توپ، دریبل درجا، دریافت کردن و غلتاندن توپ از پایین دست) و همچنین بعضی از فاکتورهای آمادگی جسمانی (قدرت دست، قدرت پا، دراز و نشست و پرش طول) ارزیابی شدند؛ سپس ژنوتیپ‌های کودکان شرکت‌کننده (از پلی‌مورفیسم‌های I/D ژن ACE و R577X ژن ACTN-3) تعیین گردیدند.

ابزار اندازه‌گیری: آزمون رشد حرکتی درشـــــت اولریخ - ویرایش ســوم (TGMD-3)، آزمونی هنجار و ملاک مرجع است که برای سنجش مهارت‌های حرکتی بنیادی کودکان ۳ تا ۱۰ ســاله طراحی‌شــده اســت. مجموعهٔ کامل این آزمون، از دو خرده‌آزمون جابجایی و مهارت‌های توپی تشکیل‌شده است که رشد حرکتی درشـــت را ارزیابی می‌کند. مهارت‌های توپی کودکان، شامل هفت مهارت ضربه با باتوم به توپ ثابت، ضربهٔ فورهند یک‌دســتی، دریافت دودســتی، پرتاب از بالای شـــانه، پرتاب از پایین، دریبل کردن درجا با دســت و شــوت کردن توپ ثابت و مهارت‌های جابجایی شــامل دویدن، یورتمه رفتن، لی‌لی رفتن، سکسکه دویدن، سر خوردن و پریدن اســت. در این آزمون، هر مهارت دو بار انجام می‌شود و نمره‌دهی به‌صورت صفر و یک است و امتیاز های بخش های هر مهارت، جمع و درمجموع، نمرهٔ خرده مقیاس به‌دست می‌آید. نمرهٔ خام برای آزمون جابجایی بین ۰ و ۴۶ اســت، درحالی‌که نمرهٔ خام برای مهارت‌های توپی بین ۰ تا ۵۴ و نمرهٔ کلی برای آزمون بین ۰ تا ۱۰۰ است. این نمره‌ها در انتها، با توجه به سن (به ماه)، در جدول نمرهٔ استاندارد محاسبه می شود که قابلیت تجزیه‌وتحلیل آماری را دارد. پایایی همســـانی درونی برای خرده‌آزمون جابجایی، توپی و کل آزمون به ترتیب ۰/۸۵، ۰/۸۵ و ۰/۹۱ و نیز ضـــریب پایایی درون ارزیاب برای جابجایی، توپی و آزمون کلی به ترتیب ۰/۹۸، ۰/۹۹ ۰/۹۹ گزارش‌شده است (۱۹).

عوامل آمادگی جسمانی: ۱. آزمون قـــدرت گرفتن دست: در این پژوهش، از دیـــنامومتر (Yagami Dynamometer 100Kg, made in japan) دست برای اندازه‌گیری قدرت گرفتن دست استفاده شد. قدرت هر دو دســـت راست و چپ، سه بار در حالت ایستاده (با بازوی کامـــلاً باز و بدون لمس هر قسمت از بدن) با دینامومتر انـــدازه‌گیری و بهترین نمرهٔ دست برتر (کیلوگرم) در تجـــزیـــه‌وتحلیل به‌کـــار گرفته شـــد (۲۰)؛ ۲. آزمـــون قـــدرت پا: برای این انـــدازه‌گیـــری از داینـــامـــومتـــر

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.29252/sjimu.28.6.1]

Yagami Dynamometer 300Kg, made in) japan) استفاده گردید؛ به این ترتیب که کودک روی کفهٔ دستگاه قرار می‌گیرد و زانوها را تا زاویهٔ ۱۳۰ تا ۱۴۰ درجه خم می‌کند و تنه را قائم نگه می‌دارد. دستهٔ نیروسنج طوری گرفته می‌شود که کف دست به سوی شخص باشد؛ سپس شخص به آهستگی اما با حداکثر نیرو بدون اینکه وضعیت قائم بدن تغییر نماید، سعی به باز کردن زانوها می‌کند و قدرت پای او به‌دست می‌آید؛ ۳. آزمون دراز و نشست: آزمودنی در مدت ۶۰ ثانیه، حداکثر دراز و نشست را انجام می‌دهد. باید آزمودنی‌ها را به انجام یک یا دو تکرار آزمایشی پیش از آزمون تشویق کرد؛ ۴. آزمون پرش طول ایستاده: که در حین انجام آزمون، از آزمودنی خواسته می‌شود تا آنجا که ممکن است با هر دو پا به زمین نیرو وارد کند و بپرد و سعی کند که هنگام فرود، با هر دو پا زمین را لمس نماید. نمرهٔ کسب‌شده (سانتی‌متر)، فاصلهٔ خط پرش تا نزدیک‌ترین محل تماس پشت پاشنه با زمین است. آزمودنی اجازه دارد سه بار تلاش را انجام دهد و بهترین نتیجه بـــرای تجزیه‌وتحلیل استفاده می‌شود (۲۰).

استخراج DNA از بزاق: از هر آزمودنی، مقدار ۵ میلی‌لیتر بزاق در ویال ویژهٔ کیت بزاق (شرکت Takara ژاپن) گرفته شد و با اجرای دستورالعمل آزمایشگاهی، DNA آزمودنی‌های پژوهش استخراج گردید. در ادامه، غلظت و خلوص DNA به‌دست‌آمده با استفاده از دستگاه نانودراپ و در طول موج‌های ۲۶۰ و ۲۸۰ ارزیابی شد (میانگین غلظت: OD260/280=1.2-7).

تعیین پلی‌مورفیسم‌های ACE و ACTN-3: در این پژوهش، برای تعیـــین پلی‌مورفیسم‌های دو ژن یادشده، از روش RFLP استفاده گردید (جدول شمارهٔ ۱). بر اساس این، ابتدا نمونه‌ای از DNA استخراج‌شده، با استفاده از آنزیم برشـــــی ویژه، هضم کرده و تعداد بسیار قطعات حاصل با طول متفـــــاوت، با استفاده از ژل آگاروز از یکدیگر جدا شـــدند. در ادامه، برای شناسایی و تشخیص یک قطعهٔ خاص، از پرایمرهای ویژهٔ هرکـــدام از دو ژن ACE و ACTN-3 استفاده شد.

جدول شمارهٔ ۱. ژن‌ها و ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، طول قطعات و آنزیم‌های برشی آن‌ها

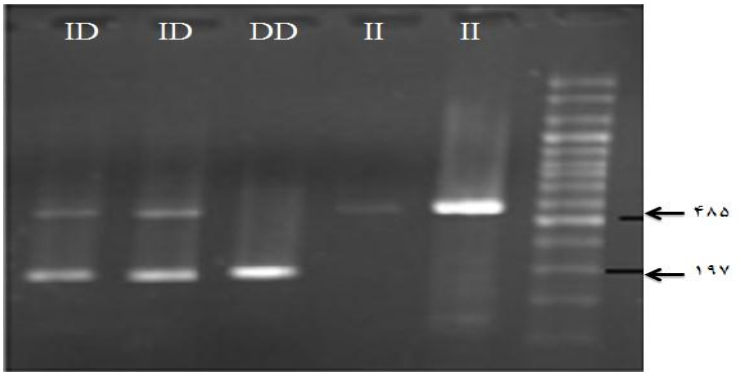
ژن	ژنوتیپ	طول قطعه	آنزیم محدودکنندهٔ برش
ACE	ID	۵۹۲	NcoI
	ID	۳۱۲	
	II	۳۱۲ ،۵۹۲	
ACTN-3	RR	۸۶ ،۲۰۵	HpyF3I (DdeI)
	RX	۸۶ ،۹۷ ،۱۰۸	
	XX	۸۶ ،۹۷ ،۱۰۸ ،۲۰۵	

واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR): با بر نا مه‌ریزی دســـتگاه PCR برای چرخه‌های حرارتی، مراحل این فرایند به ترتیب شـــامل دمای ۹۴°C برای اتصـــال آغازگرها به مدت ۱ دقیقه و دمای ۷۲°C برای ســاخت و گســـترش به مدت ۱ دقیقه بود. درنهایت، واکنش زنجیره‌ای پلیمراز با غلظت ۲۵ میکرولیتر و شـــامل ۱۴ میکرولیتر آب دو بار تقطیر، ۲/۵ میکرولیتر X PCR buffer 10، ۰/۷۵ میکرولیتر ($MgCl_2$ (50 mM، ۰/۵ میکرولیتر dNTP، ۱ میکرولیتر از هر کدام از پرایمر ها (بـــا مشـــخصـــات ACE؛ رفـــت: CTGGAGACCACTCCCATCCTTTCT و بـــــــــــــــرگشـــــــــــــــت: GATGTGGCCATCACATTCGTCAGAT، در طول قطعهٔ ۲۰ و مشـــخصـــات ACTN-3؛ رفت: CTGTTGCCTGTGGTAAGTGGG و برگشت: TGGTCACAGTATGCAGGAGGG، در طول قطعهٔ ۲۱)، ۰/۳ میکرولیتر آنزیم Taq DNA polymerase و ۵ میکرولیتر DNA الگو انجام شد. در ادامه، واکنش PCR در دســتگاه ترموســایکلر (ســاخت کشور آمریکا، شرکت TECHENE)، با شرایط دمایی ۹۴°C و ۴۰ چرخه شـامل واسـرشـت شـدن در دمای ۹۴°C به مدت ۴۵ ثانیه، طویل شدن در دمای۷۲°C به مدت ۲ دقیقه و درنهایت، طویل شـــدن نهایی در دمای ۷۲°C به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. پس از پایان PCR،

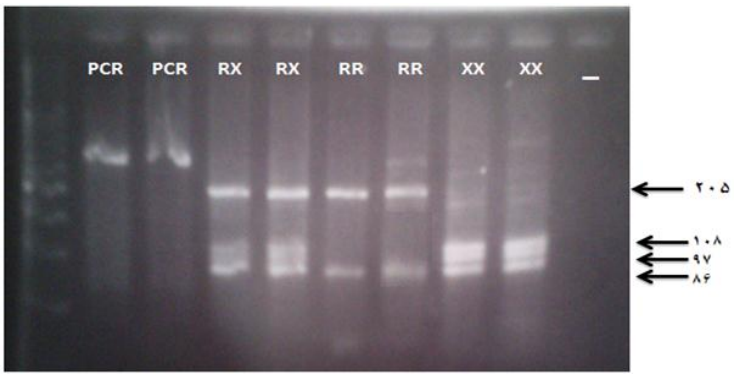
[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.29252/sjimu.28.6.1]

محصـول آن تحت تأثیر آنزیم برشـی قرار گرفت تا در صورت وجود جهش، توسط آنزیم به‌کارگرفته‌شده هضم شود. سـرانجام، محـصول به‌دست‌آمده روی ژل آگارز الکتروفورز شـد و با اتیدیوم رنگ‌آمیزی گردید تا باندهای روی آن مشـخص گردد (شکل‌های شمارهٔ ۱ و ۲).



شکل شمارهٔ ۱. ژنوتیپ ACE



شکل شمارهٔ ۲. ژنوتیپ ACTN-3

تجزیه‌وتحلیل آماری: در این مطالعه، برای خلاصه و دسته‌بندی کردن اطلاعات، از آمار توصیفی و به شکل محاسبهٔ شاخص‌های مرکزی و پراکندگی (میانگین و انحراف استاندارد) استفاده شد؛ سپس با استفاده از آزمون خی‌دو (X^2)، توزیع فراوانی ژنوتیپ‌های ACE و ACTN-3، برای تطابق با اصل هاردی- وینبرگ بررسی گردید. پس از تأیید نرمال بودن و آزمون همگنی واریانس داده‌ها، از تحلیل واریانس یک‌طرفه (مقایسهٔ سه گروه از ژنوتیپ‌ها) و آزمون t مستقل (مقایسهٔ دو گروه از ژنوتیپ‌ها)، برای تعیین اثر ژنوتیپ‌ها ACE و ACTN-3 بر رشد مهارت‌های حرکتی درشت و فاکتورهای آمادگی جسمانی کودکان استفاده شد. همهٔ عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS vol.23 انجام شد.

یافته‌های پژوهش

ویژگـی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها در جدول شمارهٔ ۲ نمایـش داده‌شده است. در این پژوهش، نتایج آزمون خی‌دو نشان داد که فـرض صفر مبنی بر پذیرش تعادل هاردی – واینبرگ، در توزیع فراوانی ژنوتیپ‌های ژن ACE (II=24%، DD=26%، ID=50%) با آمارهٔ (P=0.874؛ $\chi2$=4.87) و همچنین توزیع فراوانی ژنوتیپ‌های ACTN-3 (XX=26%، RR=40%، RX=34%) با آمارهٔ (P=0.841؛ $\chi2$=3.78)، پذیرفته شـده و فرض مقابل آن مبنی بر نبودِ تعادل هاردی- وینبرگ رد می‌شـود. تعادل هاردی – واینبـرگ بیان می‌کند که در جمـعیتی با جفـت‌گیری تصادفی، بدون انتـخاب، جهش، یا مهاجـرت، فـراوانی‌های آللی و فراوانی‌های ژنوتیپـی از نسـلی به نـسل دیگر ثابت هستند (۳).

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.29252/sjimu.28.6.1]

جدول شمارهٔ ۲. ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها

متغیر	انحراف معیار ± میانگین
سن (سال)	۷/۱±۴/۴۵
قد (cm)	۱۳۲/۵±۵۸/۲۲
وزن (kg)	۲۷/۱±۸/۱۲
شاخص توده بدنی (kg/m2)	۳±۱۹/۱۸

همان‌طور که در جدول شمارهٔ ۳ ملاحظه می‌شود، پس از تعیین ژنوتیپ‌های ژن ACE در آزمودنی‌های پژوهش (شامل ۵۰ نفر) مشخص شد که ۱۴ نفر حامل ژنوتیپ DD، ۸ نفر حامل ژنوتیپ II و ۲۸ نفر حامل ژنوتیپ ID بودند؛ همچنین نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد که برخلاف مهارت‌های توپی میان آزمودنی‌های برخوردار از ژنوتیپ‌های متفاوت I/D ژن ACE، تفاوت معناداری در رشد مهارت‌های جابجایی (F=3.191، P=0.041) وجود دارد. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که رشد مهارت‌های حرکتی جابجایی در کودکان دارای ژنوتیپ (II)، نسبت به کودکان دارای ژنوتیپ (DD)، (P=0.045)، در سطح پایین‌تری قرار دارد.

همچنین نتایج نشان داد که میان آزمودنی‌های برخوردار از ژنوتیپ‌های متفاوت I/D ژن ACE، تفاوت معناداری در آزمون قدرت دست (F=2.85، P=0.036) و پا (F=3.408، P=0.041) وجود دارد. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که قدرت دست (P=0.068) و پای (P=0.036) کودکان دارای ژنوتیپ (DD)، نسبت به کودکان دارای ژنوتیپ (II)، بیشتر است.

در همین زمینه، هنگامی‌که ژنوتیپ‌های DD و ID ژن ACE، باهم ترکیب شدند، نتایج آزمون t مستقل نشان داد کودکان دارای ترکیب ژنوتیپی (DD+ID)، نسبت به کودکان حامل ژنوتیپ (II)، در آزمون جابجایی (t=2.54، P=0.014)، قدرت دست (t=2.15، P=0.036) و قدرت پا (t=2.31، P=0.031)، عملکرد بهتری دارند.

جدول شمارهٔ ۳. رشد مهارت‌های حرکتی و بعضی از فاکتورهای آمادگی جسمانی با توجه به ژنوتیپ‌های متفاوت I/D ژن ACE

متغیرها	ژنوتیپ‌های ACE			DD+ID (n=42)
	ID (n=28)	DD (n=14)	II(n=8)	
مهارت‌های جابجایی	۳۹/۳±۰۷/۲۱	۳۹/۲±۲۱/۳۲#	۳۶/۱±۳۷/۸۴	۳۹/۱±۲۱/۹۲#
مهارت‌های توپی	۴۵/۳±۱۴/۵۴	۴۶/۵±۱۴/۵۱	۴۴/۴±۲۵/۸۹	۴۵/۴±۴۷/۲۶
قدرت دست	۱۱/۲±۹۲/۱۲	۱۲/۳±۸۲/۵۹#	۱۰/۲±۰۱/۵۴۹	۱۲/۲±۲۲/۶۹
قدرت پا	۱۰۷/۱۳±۳۲/۵۴	۱۱۳/۱۴±۲۸/۵۲#	۹۷/۱۲±۵۰/۲۹	۱۰۹/۳±۳۰/۹۹#
پرش طول	۱۰۱/۱۱±۹۶/۸۸	۱۰۶/۱۴±۱۳/۲۳	۹۵/۱۵±۶۲/۶۸	۱۰۳/۱۲±۳۵/۳۱
دراز و نشست	۲۶/۹±۶۷/۵۲	۲۹/۸±۰۱/۵۵	۲۷/۴±۰۱/۰۳	۲۷/۴±۱۳/۱۷

(P<0/05)؛ تفاوت معنادار رشد مهارت‌های حرکتی جابجایی، آزمون قدرت دست و پا در کودکان حامل آلل D نسبت به کودکان حامل آلل I ژن ACE

همان‌طور که در جدول شمارهٔ ۳ ملاحظه می‌شود، پس از تعیین ژنوتیپ‌های ژن ACTN-3 در آزمودنی‌های پژوهش (شامل ۵۰ نفر) مشخص شد که ۲۳ نفر حامل ژنوتیپ RR، ۱۱ نفر حامل ژنوتیپ XX و ۱۶ نفر حامل ژنوتیپ RX بودند. بدین منظور، نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد که برخلاف رشد مهارت‌های توپی، میان آزمودنی‌های برخوردار از ژنوتیپ‌های متفاوت R/X ژن ACTN-3، تفاوت معنی‌داری در رشد مهارت‌های حرکتی جابجایی (F=10.169، P=0.000) وجود دارد. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد کودکان دارای ژنوتیپ (RR)، نسبت به کودکان دارای ژنوتیپ (XX)، در مهارت‌های جابجایی (P=0.009)، در سطح بالاتری قرار دارند.

همچنین نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد که میان آزمودنی‌های برخوردار از ژنوتیپ‌های متفاوت R/X ژن ACTN-3، تفاوت معناداری در قدرت دست (F=3.85، P=0.028)، قدرت پا (F=3.07، P=0.043)، پرش طول (F=4.06، P=0.024) و آزمون دراز و نشست (F=10.04، P=0.000) وجود دارد. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد کودکان دارای ژنوتیپ

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.29252/sjimu.28.6.1]

(RR)، نسبت به کودکان دارای ژنوتیپ (XX)، در قدرت دست (P=0.031)، قدرت پا (P=0.042)، پرش طول (P=0.029) و دراز و نشست (P=0.021) در سطح بالاتری قرار دارند.

از سویی، هنگامی‌که ژنوتیپ‌های RR و RX ژن ACTN-3 باهم ترکیب شدند، نتایج آزمون t مستقل نشان داد کودکان دارای ترکیب ژنوتیپی (RR+RX)، نسبت به کودکان حامل ژنوتیپ (XX)، در رشد مهارت‌های جابجایی (t=2.63، P=0.011)، قدرت دست (t=2.18، P=0.034)، قدرت پا (t=2.30، P=0.025)، پرش طول (t=2.11، P=0.040) و دراز و نشست (t=2.39، P=0.021) متفاوتند و کودکان حامل آلل R، از سطح رشد بالاتری در این مؤلفه‌ها برخوردار هستند.

جدول شمارهٔ ۴. رشد مهارت‌های حرکتی و برخی فاکتورهای آمادگی جسمانی با توجه به ژنوتیپ‌های متفاوت R/X ژن ACTN-3

متغیرها	ژنوتیپ‌های ACTN-3			RR+RX (n=39)
	RX (n=16)	XX (n=11)	RR (n=23)	
مهارت‌های جابجایی	۳۸/۰۲±۳۱/۷۲	۳۶/۰۲±۷۲/۶۴	۳۹/۰۲±۸۶/۷۵ **	۳۹/۲±۲۳/۸۱ #
مهارت‌های توپی	۴۵/۰۴±۶۲/۷۵	۴۳/۰۵±۸۱/۴۱	۴۵/۰۳±۷۳/۴۲	۴۵/۳±۶۹/۹۶
قدرت دست	۱۱/۲±۴۶/۵۱	۱۰/۰۲±۳۱/۴۸	۱۲/۰۲±۸۹/۷۵ #	۱۲/۲±۳۰/۷۱ #
قدرت پا	۱۰۷/۱۵±۳۷/۷۴	۹۹/۱۲±۱۱/۱۷	۱۱۱/۱۲±۴۷/۹۰ #	۱۰۹/۱۴±۷۹/۰۸ #
پرش طول	۹۹/۱۰±۷۵/۹۶	۹۵/۰۲±۱۴/۸۳	۱۰۷/۱۷±۱۱/۹۴ #	۱۰۴/۱۲±۱۱/۹۹ #
دراز و نشست	۲۳/۶±۸۱/۳۷	۲۲/۰۶±۱۸/۴۷	۳۲/۰۸±۳۴/۱۷ **	۲۸/۸±۸۴/۵۳ #

**(P<0/01)؛ تفاوت معنادار آزمون دراز و نشست و رشد مهارت‌های حرکتی جابجایی در کودکان حامل آلل R نسبت به کودکان حامل آلل X ژن ACTN-3.

(P<0/05)؛ تفاوت معنادار در آزمون قدرت دست و پا و نیز پرش طول در کودکان حامل آلل R نسبت به کودکان حامل آلل X ژن ACTN-3

بحث و نتیجه‌گیری

دورهٔ کودکی، دوره‌ای حیاتی برای رشد همه‌جانبهٔ افراد، به‌ویژه در حوزه‌های جسمانی و حرکتی است (۱). رشد جسمانی و رشد مطلوب عملکرد مهارت‌های حرکتی (شامل مهارت‌های جابجایی و توپی)، زمینهٔ مشارکت بهتر کودکان در فعالیت‌های بدنی و ورزشی را فراهم می‌آورند (۲، ۱). علاوه بر این، نداشتن رشد جسمانی و متعاقباً تأخیر در رشد مهارت‌های حرکتی، با اضافه‌وزن و چاقی کودکان مرتبط شده است (۲۱)؛ بنابراین، شناسایی عوامل مؤثر و زیرساز فنوتیپ‌های مرتبط با آمادگی جسمانی و عملکرد مهارت‌های حرکتی، علاوه بر داشتن مزیت‌های فراوان در حوزهٔ سلامت، می‌تواند اهمیت بسیاری در شناسایی و هدایت استعدادهای برتر ورزشی و همچنین فراهم کردن زمینهٔ مناسب برای ارائهٔ برنامه‌های مطلوب مداخله‌ای داشته باشد؛ بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر پلی‌مورفیسم‌های متفاوت ACE I/D و ACTN-3 R/X، بر عملکرد مهارت‌های حرکتی (مهارت‌های حرکتی جابجایی و توپی) و بعضی از عوامل آمادگی جسمانی (قدرت دست، قدرت پا، پرش طول و دراز و نشست) در کودکان انجام گرفت.

بخشی از نتایج این پژوهش نشان داد که کودکان حامل ژنوتیپ (DD) ژن ACE، نسبت به کودکان حامل ژنوتیپ (II) این ژن، از لحاظ رشد مهارت‌های حرکتی جابجایی و فاکتورهای قدرت دست و قدرت پا در سطح بالاتری قرار دارند؛ همچنین کودکان حامل ترکیب ژنوتیپی (DD+ID)، نسبت به کودکان دارای ژنوتیپ (II)، در رشد مهارت‌های حرکتی جابجایی، قدرت دست و قدرت پا، عملکرد بهتری داشتند. این نتایج با بخشی از یافته‌های موران و همکاران (۲۰۰۶)، احمدوف و همکاران (۲۰۰۹)، پریرا و همکاران (۲۰۱۳) و نیز بخشی از یافته‌های ارکسون و همکاران (۲۰۱۳)، احمدوف و همکاران (۲۰۱۳)، یانگ و همکاران (۲۰۱۷)، زه‌ساز و همکاران (۲۰۱۹) و نیز سانترو و همکاران (۲۰۱۹)، هم‌سو و با بخشی از یافته‌های پژوهش اسکات و همکاران (۲۰۰۵)، موران و همکاران (۲۰۰۶)، ارکسون و همکاران (۲۰۱۳) و کیم و همکاران (۲۰۱۵)، ناهم‌سو است (۱۷-۹). آنچه از زمان شناسایی ژن ACE،

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.29252/sjimu.28.6.1]

به‌عنوان یک ژن مؤثر در عملکرد جسمانی و ورزشی مطرح‌شده، این است که پلی‌مورفیسم‌های ACE I/D، در فعالیت سیستم رنین- آنژیوتانسیون با یکدیگر متفاوتند و آلل D نسبت به آلل I، فعالیت بیشتری از آنژیوتانسیون II را نشان می‌دهد؛ بنابراین، همان‌طور که نتایج پژوهش حاضر نیز نشان می‌دهند، کودکان حامل آلل ACE (D)، به‌صورت مجزا (DD یا ID) و ترکیبی (DD+DI)، نسبت به کودکان دارای هموزیگوت‌های II، به علت برخورداری از شرایط و زمینه‌های فیزیولوژیکی مناسب‌تر، از رشد جسمانی بهتری در زمینهٔ قدرت عضلانی دست و پا برخوردارند و دور از انتظار نیست که این کودکان به علت رشد جسمانی مطلوب‌تر، متعاقباً رشد مهارت‌های حرکتی جابجایی سطح بالاتری نیز داشته باشند.

بخش دیگری از نتایج پژوهش حاضر نشان داد کودکان دارای ژنوتیپ (RR) از ژن ACTN-3، نسبت به کودکان دارای ژنوتیپ (XX)، در مهارت‌های جابجایی، قدرت دست و پا، پرش طول و دراز و نشست در سطح بالاتری قرار دارند. از سویی، کودکان دارای ترکیب ژنوتیپی (RR+RX)، نسبت به کودکان دارای ژنوتیپ (XX)، در رشد مهارت‌های حرکتی جابجایی، قدرت دست، قدرت پا، پرش طول و دراز و نشست، متفاوت هستند و کودکان حامل آلل R، رشد بالاتری دارند. این نتایج با بخشی از یافته‌های دل‌کوسو و همکاران (۲۰۱۹)، موران و همکاران (۲۰۰۶)، احمدوف و همکاران (۲۰۰۹)، پریرا و همکاران (۲۰۱۳) و نیز بخشی از یافته‌های ارکسون و همکاران (۲۰۱۳)، احمدوف و همکاران (۲۰۱۳)، یانگ و همکاران (۲۰۱۷) و همچنین ژانگ و همکاران (۲۰۱۸)، هم‌سو و با بخشی از یافته‌های پژوهش اسکات و همکاران (۲۰۰۵)، موران و همکاران (۲۰۰۶)، ارکسون و همکاران (۲۰۱۳) و کیم و همکاران (۲۰۱۵)، ناهم‌سو است (۱۸-۱۱). موضوع مهم در ارتباط با ژن ACTN-3، این است که ژنوتیپ (XX)، نسبت به ژنوتیپ (RR)، قادر به تولید مقدار کمتری از آلفااکتینین- ۳ است. برخلاف آلفاآکتینین- ۲، بیان آلفاآکتینین-۳ تنها محدود به تارهای عضلانی تند انقباضی است که مسئول تولید نیرو با سرعت بالا و قدرت زیاد هستند (۶-۳)؛ ازاین‌رو، همان‌طور که نتایج پژوهش حاضر نیز مؤید آن است، کودکان برخوردار از آلل ACTN-3 R، به‌صورت مجزا (RX یا RR) و ترکیبی (RR+RX)، نسبت به کودکان دارای هموزیگوت‌های II، قدرت عضلانی بیشتری دست و پا و عضلات شکم داشتند و متعاقباً از رشد مهارت‌های حرکتی جابجایی بالاتری نیز برخوردار بودند؛ اما برخلاف مهارت‌های حرکتی جابجایی، رشد مهارت‌های حرکتی توپی در کودکان برخوردار از ژنوتیپ متفاوت ACE و ACTN-3، تفاوت معناداری را نشان نداد. در تبیین این یافته می‌توان گفت که هرکدام از مهارت‌های حرکتی جابجایی (دویدن، تاختن، سر خوردن، لی‌لی کردن، سکسکه دویدن و پرش طول)، نیازمند برخورداری افراد از قدرت و توان فراوانی برای انجام کارآمد این نوع از مهارت‌های حرکتی درشت هستند. پاین و ایساکس (۲۰۱۷)، از قدرت و توان عضلانی، به‌عنوان مهم‌ترین محدودکننده‌های رشد الگوی مهارت‌های حرکتی جابجایی مانند دویدن و پریدن نام برده‌اند (۲). این در حالی است که اگرچه بعضی از مهارت‌های حرکتی توپی مانند پرتاب کردن، نیازمند قدرت و توان عضلانی فراوانی هستند؛ اما مهارتی مانند دریافت کردن، بیشتر از آنکه به مؤلفه‌ای مانند قدرت نیازمند باشد، مستلزم مؤلفه‌های دیگری مانند هماهنگی چشم- دست و تطابق همزمانی فضایی- زمانی هستند (۲، ۱). این موضوع ممکن است یکی از علل احتمالی معنادار نشدن اختلاف رشد مهارت‌های حرکتی توپی در افراد برخوردار از ژنوتیپ متفاوت ACE و ACTN-3 در شرایط طبیعی باشد، هرچند این موضوع، مستلزم مطالعات و بررسی‌های بیشتری است.

بر اساس نتایج این پژوهش، کودکان برخوردار از آلل ACE D و آلل ACTN-3 R، به ترتیب نسبت به کودکان برخوردار از هموزیگوت‌های II و XX، در رشد قدرت عضلانی و عملکرد مهارت‌های حرکتی جابجایی، سطح پیشرفت بالاتری داشتند؛ بنابراین، با توجه به اهمیت رشد جسمانی و نیز اکتساب مهارت‌های حرکتی درشت، در میزان ترغیب کودکان به مشارکت در فعالیت‌های بدنی و همچنین اهمیت شناسایی متغیرهای ژنتیکی مرتبط با عملکرد ورزشی در طول یک دههٔ گذشته، می‌توان پل ارتباطی دوطرفه‌ای را میان رشد

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.29252/sjimu.28.6.1]

عوامل جسمانی (مانند قدرت) و کسب شایستگی و تبحر در اجرای مهارت‌های حرکتی جابجایی، دارا بودن نیمرخ ژنتیکی مطلوب از ژنوتیپ‌های ACE I/D و ACTN-3 R/X و نیز رسیدن به سطوح نخبگی در اجرای مهارت‌های ورزشی سطح بالا متصور شد.

کد اخلاق: IR.KHU.REC.1399.010

References

1. Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway J. Understanding motor development infants children adolescents and adults. 1th ed. Mcgraw hill Boston Publication. 2006;P.73-99.
2. Payne VG, Isaacs LD. Human motor development a lifespan approach. 3 th ed. Routledge Publication. 2017;P.231-46.
3. Collins M. Genetics and sports. 2 th ed. Karger Med Sci Publication.2009;P.101-9.
4. Ahmetov II, Gavrilov DN, Astratenkova IV, Druzhevskaya AM, Malinin AV, Romanova EE, et al. The association of ACE andACTN3 and PPARA gene variants with strength phenotypes in middle school age children. J Physiol Sci 2013;63:79-85. doi. 10.1007/s12576-012-0233-8.
5. 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 2006-7. Med Sci Sport Exe2009;41:34-72. doi.10.1249/MSS.0b013e3181844179.
6. Williams AG, Day SH, Folland JP, Gohlke P, Dhamrait S, Montgomery HE. Circulating angiotensin converting enzyme activity is correlated with muscle strength. Med Sci Sport Exe 2005;37:944.
7. 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. Hum Gene 2009;126:751. doi.10.1007/s00439-009-0728-4.
8. Pereira A, Costa AM, Leitao 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 Geriatr2013;13:131. doi.10.1186/1471-2318-13-131.
9. Zehsaz F, Safabakhsh AH, Farhangi N, Keynezhad N, Monfaredan A, Ghahramani M. Do ACE and CKMM gene variations have potent effects on physical performance in inactive male adolescents? Mole Biol Rep2019;46:1835-43.
10. Santoro GF, Mello KD, Oliveira Netto ZC, Pfutzenreuter G, Bassan JC, Salgueirosa FDM. The influence of ace i/d gene polymorphism in amateur american football athletes in brazil. Rev Brasileira Med Esporte2019;25:460-3. doi.10.1590/1517-869220192506198909.
11. Scott RA, Moran C, Wilson RH, Onywera V, Boit MK, Goodwin WH, et al. No association between angiotensin converting enzyme gene variation and endurance athlete status in Kenyans. Comp Biochem Physiol Mole Int Physiol 2005;141:169-75. doi.10.1016/j.cbpb.2005.05.001.
12. Kim K, Ahn N, Cheun W, Byun J, Joo Y. Association of angiotensin converting enzyme I/D and α-actinin-3 R577X genotypes with growth factors and physical fitness in Korean children. Korean J Physiol Pharmacol 2015;19:131-9. doi.10.4196/kjpp.2015.19.2.131.
13. Coso J, Hiam D, Houweling P, Perez LM, Eynon N, Lucia A. More than a speed gene ACTN3 R577X genotype trainability muscle damage and the risk for injuries. European J Appl Physiol 2019;119:49-60. doi.10.1007/s00421-018-4010-0.
14. 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 J Med Sci Sport 2014;24:642-8. doi.10.1111/sms.12055
15. Yang R, Shen X, Wang Y, Voisin S, Cai G, Fu Y, et al. ACTN3 R577X gene variant is associated with muscle related phenotypes in elite Chinese sprint/power athletes. J Str Cond Res 2017;31:1107-15. doi.10.1519/JSC.0000000000001558.
16. 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 J Hum Gene 2006;14:332-9. doi.10.1038/sj.ejhg.5201550

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.29252/sjimu.28.6.1]

17. Zhang Q, Cao Y, Chen J, Shen J, Ke D, Wang X, et al. ACTN3 is associated with children's physical fitness in Han Chinese. Mole Gene Genom2019;294:47-56. doi.10.1007/s00438-018-1485-7

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.29252/sjimu.28.6.1]

Effect of ACE (I/D) and ACTN-3 (R/X) Genotypes on some Factors of Physical Fitness and Performance of Motor Skills in 6-8-Year-Old Children

Mohammadian O [1, 2], Bahram A[1], Ghadiri F[1], Yaali R[1], Mazaheritayarani Z[3]*

(Received: August, 4 2020 Accepted: December, 5 2020)

Abstract

Introduction: The identification of the factors affecting the physical performance and development of children's motor skills can be of great importance in participating in physical activities, preventing overweight and obesity, as well as identifying and guiding the top talented children in sport. Therefore, this study aimed to investigate the effect of different ACE (I/D) and ACTN-3 (R/X) genotypes on some factors of physical fitness and motor skill performance in children.

Materials & Methods: The statistical population of this study included 6-8-year-old school children in Tehran, Iran. In total, 50 cases were selected randomly using the cluster-sampling method. The data were collected using the Physical Fitness Test, Test of Gross Motor Development-Third Edition (TGMD-3), and PCR for the determination of ACE and ACTN-3 polymorphism. Furthermore, a one-way analysis of variance and independent t-test were used to analyze the study data. A p-value less than 0.05 was considered statistically significant.
Ethics code: IR.KHU.REC.1399.010

Findings: The results showed that children carrying allele D of ACE gene, (DD or ID genotype), compared to those with II genotype ($P<0.05$), and the cases carrying the allele R of ACTN-3 gene (RR or RX genotype), compared to those with XX genotype ($P<0.05$) had more muscular strength in hand and foot, as well as higher levels of locomotor skills. However, no significant difference was observed regarding the performance of ball motor skills ($P>0.05$).

Discussions & Conclusions: According to the results of the study, it can be said that the children carrying DD or ID genotype of ACE and RR or RX genotype of ACTN-3 had a higher level of physical development and consequently higher levels of locomotor skill performance. Therefore, if they are provided with desirable environmental conditions, they will be able to do sport skills accompanied by higher levels of performance.

Keywords: Children, Genotype, Motor development, Phenotype, Physical fitness, Sport gene

1. Dept of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
2. Dept of Physical Education and Sport Sciences, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
3. Basic Medical Science Research Center, Histogenotech Co., Tehran, Iran
**Corresponding author Email: omohammadian10@gmail.com*

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.29252/sjimu.28.6.1]