

Sport Physiology

Sport Sciences Research Institute of Iran

Fall 2023/ Vol. 15/ No. 59/ Pages 81-96

The Comparison of I/D Genotype of ACE Gene and R577X of ACTN3 Gene in Iranian Elite and Non-Elite Male Wrestlers

Sh. Nazarpouri^{1*} , M. T. Aghdasi²

1. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

2. Professor, Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran

Received: 2023/07/25

Accepted: 2024/03/02

Nazarpouri, Sh; & Aghdasi, M. T. (2023). The Comparison of I/D Genotype of ACE Gene and R577X of ACTN3 Gene in Iranian Elite and Non-Elite Male Wrestlers. *Sport Shysiology*, 15(59), 81-96. In Persian. DOI: 10.22089/SPJ.2024.15298.2271

Abstract

Objectives: Genetic variables are considered as individual parameters that can affect the underlying phenotypes of sports performance. Therefore, the aim of the present study was to compare I/D genotype of the ACE gene and R577X of the ACTN-3 gene in Iranian elite and non-elite male wrestlers.

Methods & Materials: The present study was quasi- experimental research. The research population included all Iranian elite and non-elite male wrestlers, among whom 22 elite wrestlers (Mean: age 27.32, weight 95.41 kg, height 175.35 ± 5.68 cm) and 36 non-elite wrestlers (Mean: age 29.45, weight 96.54 kg, height 178.68 cm) were selected by the purposive sampling technique. After extracting the DNA of the participants, their ACE and ACTN-3 gene genotypes were determined using the PCR-RLFP technique and electrophoresis. Analysis of research data was done using Chi-square test.

Results: The results showed that compared to non-elite wrestlers, elite wrestlers had a significantly higher distribution of the DD genotype of the ACE gene and the RR and RX genotypes of the ACTN-3 gene. However, non-elite wrestlers had a significantly higher frequency distribution of II and ID genotypes of ACE gene and XX genotype of ACTN-3 gene compared to elite wrestlers.

Conclusion: It can be stated that there is a positive relationship between reaching elite levels in the sport of wrestling and having the DD genotype of the ACE gene and the RR genotype of the ACTN-3 gene, which probably identifies these two genes as genetic factors Which are effective in creating the basic phenotypes of the wrestling sport such as strength and subsequently the emergence of individual differences in athletes.

Keywords: Genotype, Angiotensin-Converting Enzyme, Alpha-Actinin-3, Elite Wrestler

* Corresponding Author: Shahram Nazarpouri, Tel: 09169610402, E-mail: snazarpouri@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-6491-8510>



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Extended Abstract

Background and Purpose

More than 66% of individual differences in physical and sports performance can be explained by genetic variables (1). Among the genes that have been identified so far, ACE and ACTN-3 gene have received more attention from researchers (1, 2). The ACE gene is one of the most important genes related to physical and sports performance, which has recently attracted the attention of many researchers (3). ACE gene genotypes indicate individual differences in the activity of the renin-Angio tensive system (4). This gene converts angiotensin I, which is a decapeptide, to angiotensin II, which is an active octapeptide. Angiotensin II is expressed in skeletal muscles and acts as a regulator of muscle hypertrophy in response to exercise and sports activities as well as mechanical loads and pressures (1). Another important and well-known gene related to physical and sports performance is ACTN-3. This polymorphism includes arginine codon (R) and termination codon (X), leading to the creation of three types of genotypes (RR), (RX) and (XX). In this context, the expression of alpha-actinin-3 (ACTN-3) is largely restricted to fast glycolytic fibers of skeletal muscles and is found only in type II muscle fibers (1,3, where they connect the actin filaments and cause the establishment of the contractile system of the muscle. Various studies have been conducted on alpha-actinin 3 genotypes. According to these explanations and research findings, it can be assumed that elite wrestlers carry more R allele of ACTN-3 gene than non-elite wrestlers. The research evidence has not investigated the distribution of R577X genotype of ACTN-3 gene in elite and non-elite Iranian wrestlers (1, 4). Therefore, considering the relationship and influence of ACE and ACTN-3 gene genotypes on the physical and sports performance of athletes at high levels of sports, the question arises whether the distribution of these genotypes is different in elite and non-elite Iranian wrestlers. So far, this important issue has not been investigated in the research literature. As a result, the aim of the present study was to compare the genotype I/D of ACE gene and X/R of ACTN-3 gene in Iranian elite and non-elite wrestlers.

Materials and Methods

The present study was quasi- experimental research. The research participants included all elite and non-elite Iranian male wrestlers, among them 22 elite wrestlers (age: 27.32 ± 4.11 years; weight: 95.41 ± 11.12 kg;), and 36 non-elite wrestlers (age: 29.45 ± 5.15 years; weight: 96.54 ± 10.75 kg;) were selected by the purposive sampling technique. After extracting the DNA of the participants, their ACE and ACTN-3 gene genotypes were determined using the PCR-RLFP technique and electrophoresis. The research data were analyzed using Chi-square test.

Findings

The results showed that compared to non-elite wrestlers, elite wrestlers had a significantly higher distribution of the DD genotype of the ACE gene and the RR and RX genotypes of the ACTN-3 gene. However, non-elite wrestlers compared to elite wrestlers had a significantly higher frequency distribution of II and ID genotypes of ACE gene and XX genotype of ACTN-3 gene. Based on the study's results, wrestlers with the D allele of ACE and the R allele of ACTN-3, respectively, compared to the wrestlers with II and XX homozygotes have a higher level of performance and sports success.

Conclusion

As the study's findings show, it can be stated that there is a positive relationship between reaching elite levels in wrestling and having the DD genotype of the ACE gene and the RR genotype of the ACTN-3 gene, which probably make these two genes effective genetic factors in creating phenotypes. It introduces the fundamentals of wrestling such as strength and subsequently the emergence of individual differences in athletes.

Keywords: Genotype, Angiotensin-Converting Enzyme, Alpha-Actinin-3, Elite Wrestler

The Article Message

Based on the research results, wrestlers with the D allele of ACE and the R allele of ACTN-3, respectively, compared to the wrestlers with II and XX homozygotes have a higher level of performance and sports success. Therefore, considering the importance of wrestling as an Olympic medal winning discipline for our country as well as the importance of identifying genetic variables related to sports performance during the last decade, it is possible to imagine a two-way communication bridge between having a favorable genetic profile of ACE I/D and ACTN-3 R/X genotypes and reaching elite levels for wrestling athletes. Among the research limitations, we can mention the small number of subjects, especially the number of elite wrestlers, the failure to consider epigenetic conditions, and the frequency was only examined in males.

Ethical Considerations

Compliance with Research Ethical Guidelines

The study protocol was approved by the Ethics Committee of Isfahan university (ethics Code: IR. UI. 140235)

Funding

This study was supported by the Sports Sciences Research Institute and the Presidential Researcher Support Fund.

Assssss sCrrriutiss

All authors have participated in designing, implementing and writing all parts of the present study.

Conflicts of Interest

The authors declared no conflict of interest

Acknowledgement

We are grateful to all those who helped us in conducting this research.

References

1. Collins M, editor. Genetics and sports. Karger Medical and Scientific Publishers; 2009.111-125.
2. MacArthur DG, North KN. Genes and human elite athletic performance. Human genetics. 2005 Apr; 116:331-9.
3. Ahmetov II, Gavrilov DN, Astratenkova IV, Druzhevskaya AM, Malinin AV, Romanova EE, Rogozkin VA. The association of ACE, ACTN3 and PPARA gene variants with strength phenotypes in middle school-age children. The journal of physiological sciences. 2013 Jan;63:79-85.
4. Erskine, R.M., et al., *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): p. 642-648.

فیزیولوژی ورزشی

پژوهشگاه تربیت بدنی

پاییز ۱۴۰۲، دوره ۱۵، شماره ۵۹، صفحه‌های ۸۱-۹۶

مقایسه ژنوتیپ I/D ژن ACE و R577X ژن ACTN3 در مردان کشتی گیر نخبه و غیرنخبه ایرانی

شهرام نظرپوری^۱، محمدتقی اقدسی^۲

۱. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
۲. استاد رفتار حرکتی، گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

Nazarpouri, Sh; & Aghdasi, M. T. (2023). The Comparison of I/D Genotype of ACE Gene and R577X of ACTN3 Gene in Iranian Elite and Non-Elite Male Wrestlers. *Sport Shysiology*, 15(59), 81-96. In Persian. DOI: 10.22089/SPJ.2024.15298.2271

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۵/۰۳

پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۱۲

چکیده

متغیرهای ژنتیکی به عنوان پارامترهای فردی در نظر گرفته می‌شوند که می‌توانند فنوتیپ‌های زیربنایی عملکرد ورزشی را متأثر کنند؛ از این رو هدف پژوهش حاضر، مقایسه ژنوتیپ I/D ژن ACE و R577X ژن ACTN-3 در مردان کشتی‌گیر نخبه و غیرنخبه ایرانی بود. پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی بود. جامعه آماری این پژوهش شامل همه کشتی‌گیران مرد نخبه و غیرنخبه ایرانی بود که از بین آن‌ها ۲۲ کشتی‌گیر نخبه (سن: ۲۷/۳۲±۴/۱۱ سال، وزن: ۹۵/۴۱±۱۱/۱۲ کیلوگرم، قد: ۱۷۵/۳۵±۵/۶۸ سانتی‌متر) و ۳۶ کشتی‌گیر غیرنخبه (سن: ۲۹/۴۵±۵/۱۵ سال، وزن: ۹۶/۵۴±۱۰/۷۵ کیلوگرم، قد: ۱۷۸/۶۸±۶/۸۷ سانتی‌متر) به شیوه نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. پس از استخراج DNA شرکت‌کنندگان، با استفاده از تکنیک PCR-RLFP و الکتروفورز ژنوتیپ‌های ژن ACE و ACTN-3 آنان تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش با استفاده از آزمون کای مربع انجام شد. نتایج نشان داد که کشتی‌گیران نخبه در مقایسه با کشتی‌گیران غیرنخبه، به طور معناداری توزیع فراوانی بیشتری از ژنوتیپ DD ژن ACE و ژنوتیپ RR و RX از ژن ACTN-3 را داشتند؛ این در حالی بود که کشتی‌گیران غیرنخبه در مقایسه با کشتی‌گیران نخبه، به طور معناداری توزیع فراوانی بیشتری از ژنوتیپ‌های II و ID ژن ACE و ژنوتیپ XX ژن ACTN-3 را داشتند. با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان گفت که ارتباط مثبتی بین رسیدن به سطوح نخبگی در رشته ورزشی کشتی و برخورداری از ژنوتیپ DD ژن ACE و ژنوتیپ RR ژن ACTN-3 وجود دارد که احتمالاً این دو ژن را به عنوان عوامل ژنتیکی مؤثر در ایجاد فنوتیپ‌های زیربنایی رشته ورزشی کشتی از قبیل قدرت و متعاقباً به وجود آمدن تفاوت‌های فردی در ورزشکاران معرفی می‌کند.

واژگان کلیدی: ژنوتیپ، آنزیم مبدل آنژیوتانسین، آلفا آکتینین-۳، کشتی‌گیران نخبه.

* Corresponding Author: Shahram Nazarpouri, Tel: 09169610402, E-mail: snazarpouri@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-6491-8510>



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

مقدمه

کشتی، ورزش ملی ایرانیان و یکی از رشته‌های مطرح مدال‌آور و بسیار بااهمیت المپیک است (۱). در رشته ورزشی کشتی و در سطوح بالای عملکردی، برخورداری از سطوح بالای قدرت بیشینه، ظرفیت و توان بی‌هوازی و همچنین قدرت نسبی و مطلق عضلانی بسیار مهم است (۲). نکته حائز اهمیت در این زمینه، وجود تفاوت‌های فردی در تمرین‌پذیری و تأثیرات متفاوت تمرین بر عملکرد ورزشکاران است. از طرفی، تفاوت‌های فردی متأثر از عوامل فردی مانند متغیرهای ژنتیکی و عوامل محیطی مانند سبک زندگی و رژیم غذایی است (۳). در همین راستا، متغیرهای ژنتیکی به‌عنوان پارامترهای فردی در نظر گرفته می‌شوند که می‌توانند فنوتیپ‌های زیربنایی عملکرد و موفقیت ورزشی از قبیل قدرت، توان، ترکیب و اندازه تارهای عضلانی را متأثر کنند. بیش از ۶۶ درصد از تفاوت‌های فردی افراد در زمینه عملکرد جسمانی و ورزشی، به‌وسیله متغیرهای ژنتیکی تبیین‌شدنی است (۴، ۵). تا سال ۲۰۰۹، حدود ۲۰۰ متغیر ژنتیکی مرتبط با عملکرد جسمانی و ورزشی شناسایی شده است که هرکدام از آن‌ها در تعامل با سایر عوامل محیطی می‌توانند موفقیت ورزشی افراد را متأثر کنند (۴). از میان ژن‌هایی که تاکنون شناسایی شده‌اند، ژن‌های ACE¹ و ACTN-3²، بیشتر مدنظر پژوهشگران قرار گرفته‌اند (۴-۶).

ژن ACE، یکی از ژن‌های مهم و بااهمیت مرتبط با عملکرد جسمانی و ورزشی است که اخیراً مدنظر بسیاری از پژوهشگران واقع شده است (۱۰، ۴-۶). این ژن، یک متالوپپتیداز وابسته به روی است که به‌طور وسیع در سطح سلول‌های اندوتلیال و اپیتلیال^۳ یافت می‌شود. یکی از پلی‌مورفیسم‌های این ژن، پلی‌مورفیسم ۵۱۸۶ است. این پلی‌مورفیسم شامل حضور^۴ (I) یا نبود حضور^۵ (D)، توالی تکراری ۲۸۷ جفت بازی است که سه نوع ژنوتیپ شامل حضور/حضور (II)، حضور/نبود حضور (ID) و نبود حضور/نبود حضور (DD) را به وجود می‌آورد (۴، ۷). ژنوتیپ‌های ژن ACE، بیانگر تفاوت‌های فردی افراد در زمینه فعالیت سیستم رنین-آنژیوتانسین هستند (۵). این ژن، آنژیوتانسین I^۶ را که یک دکاپپتید^۷ است، به آنژیوتانسین II که یک اکتاپپتید^۸ فعال است، تبدیل می‌کند. آنژیوتانسین II، در عضلات اسکلتی بیان و در پاسخ به تمرینات و فعالیت‌های ورزشی و همچنین اعمال بار و فشارهای مکانیکی، به‌عنوان تنظیم‌کننده هیپرتروفی عضلات عمل می‌کند (۴). در همین زمینه، گزارش شده است که آلل D در مقایسه با آلل I ژن ACE، از فعالیت بیشتری در آنژیوتانسین II، برخوردار است (۸-۶، ۹). مک‌اولی^۹ و همکاران در مطالعه مروری سیستماتیک، ضمن تأیید شواهدی مبنی بر اثر ژنوتیپ‌های ژن ACE و ACTN-3 در ایجاد اختلاف بین ورزشکاران فوتبالیست، گزارش نمودند که فراوانی آلل R ژن ACTN-3 و آلل D ژن ACE در فوتبالیست‌های نخبه غالب است (۱۰). موسوی و همکاران در پژوهش خود گزارش کردند که شیوع آلل D ژن ACE به‌طور معناداری در وزنه‌برداران نخبه بیشتر از غیرورزشکاران است (۱۱). احمدوف^{۱۰} و همکاران در پژوهش خود گزارش کردند که

1. Angiotensin-Converting Enzyme
2. Alpha-actinin-3
3. Endothelial & Epithelial
4. Inserts
5. Delete
6. Angiotensin II
7. Decapeptayed
8. Aktapptyd
9. McAuley
10. Ahmetov

ورزشکاران قدرتی در مقایسه با ورزشکاران استقامتی فراوانی بیشتری از ژنوتیپ (DD) در مقایسه با ژنوتیپ (II) دارند (۱۲). پیرا^۱ و همکاران گزارش کردند که 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 (۱۳). جاکوب^۲ و همکاران در پژوهش مروری خود گزارش کردند که پلی‌مورفیسم‌های دو ژن ACE و ACTN-3 دارای فراوانی بیشتری در تیم‌های ورزشی استقامتی و قدرتی بوده و با ارزیابی‌های بدنی مرتبط‌اند (۱۴). بخشی از نتایج پژوهش ارسکین^۳ و همکاران نیز نشان داد که ترکیبی از پلی‌مورفیسم‌های ژن ACE و ژن ACTN-3، با حجم عضله چهارسرران، توان بیشینه و حداکثر قدرت بازکننده‌های زانو مرتبط است (۶)؛ این درحالی است که در نتایجی متناقض، اسکات^۴ گزارش کرد که ژنوتیپ‌های I/D ژن ACE با وضعیت ورزشکاران نخبه استقامتی ارتباط معناداری ندارد و اختلاف معناداری در توزیع فراوانی ژنوتیپ‌های I/D ژن ACE، بین ورزشکاران نخبه المپیک و جهانی با گروه کنترل وجود ندارد (۱۵). آکوک^۵ و همکاران گزارش کردند که فراوانی توزیع آلل D ژن ACE در دوندگان استقامتی بیشتر است (۱۶).

به‌طور کلی و با وجود برخی نتایج متناقض، اغلب پژوهش‌ها نشان می‌دهند که ژنوتیپ II در مقایسه با ژنوتیپ‌های DD و ID ژن ACE با عملکرد استقامتی بهتری همراه است و توزیع آن در ورزشکاران استقامتی در مقایسه با ورزشکاران دیگر به‌طور معناداری بیشتر است؛ این درحالی است که ژنوتیپ (DD)، بیشتر با عملکرد قدرتی و توانی مرتبط است و عملکرد افراد را در تکالیف سرعتی و قدرتی بیش‌از ژنوتیپ‌های (II) و (ID) تحت تأثیر قرار می‌دهد (۶-۴)؛ از این رو می‌توان این فرض را متصور شد که کشتی‌گیران نخبه ایرانی در مقایسه با کشتی‌گیران غیرنخبه، حامل ژنوتیپ‌های DD و ID بیشتری از ژن ACE باشند. بیشتر تحقیقات در ارتباط با ژنوتیپ‌های ACE، روی ورزشکاران و برای بررسی عوامل مرتبط با عملکرد جسمانی و ورزشی انجام شده است (۱۰، ۸، ۶، ۴)؛ این درحالی است که کمتر به بررسی توزیع ژنوتیپ‌های I/D ژن ACE، در ورزشکاران رشته‌های مختلف از جمله کشتی‌گیر پرداخته شده و تاکنون مطالعه‌ای به‌منظور مقایسه پلی‌مورفیسم I/D ژن ACE در بین کشتی‌گیران نخبه و غیرنخبه ایرانی انجام نشده است.

ژن مهم و شناخته‌شده دیگری که با عملکرد جسمانی و ورزشی مرتبط است، ACTN-3 است. یکی از پلی‌مورفیسم‌های مؤثر این ژن در آمینواسید ۵۷۷ و در کروموزوم ۱۱ قرار دارد. این پلی‌مورفیسم شامل کدون آرژنین (R) و کدون خاتمه (X) است که منجر به ایجاد سه نوع ژنوتیپ (RR)، (RX) و (XX) می‌شود. به‌طور کلی، آلفا آکتینین‌ها شامل آلفا آکتینین-۲ و آلفا آکتینین-۳، ترکیب پروتئین‌های اصلی خط Z سارکومر در تارهای عضلات اسکلتی را تشکیل می‌دهند و ساختار انقباضی عضله را تثبیت می‌کنند (۴). در همین زمینه، بیان آلفا آکتینین-۳ (ACTN-3)، به‌طور وسیعی به فیبرهای سریع گلیکولیتیک عضلات اسکلتی محدود شده و فقط در تارهای عضلانی نوع دوم یافت می‌شود؛ جایی که آن‌ها رشته‌های آکتین را به هم متصل می‌کنند و سبب استقرار دستگاه انقباضی عضله می‌شوند. آلفا آکتینین-۳ می‌تواند ظرفیت بیشتری را برای جذب و انتقال نیرو در مقایسه با تارهای نوع I به وجود آورد؛ از این رو کمبود این پروتئین عملکرد تارهای نوع دوم را که قوی‌تر از تارهای نوع اول است، با مشکل مواجه می‌کند (۱). در همین راستا، عنوان شده است که ژنوتیپ (XX)، نسخه غیرطبیعی

1. Pereira
2. Jacob
3. Erskine
4. Scott
5. Akkoç

ژن ACTN-3 است که در آن توالی ژنوم تغییر یافته و مانع تولید آلفا-آکتینین-۳ می‌شود (۴-۲). مطالعات مختلفی روی ژنوتیپ‌های آلفا-آکتینین ۳ انجام شده‌اند؛ داورپناه و همکاران گزارش کردند که شیوع آلل R ژن ACTN-3 در کشتی‌گیران نوجوان اردبیلی بیشتر از افراد غیر ورزشکار بود (۱۸). هنریپور و همکاران گزارش کردند که درصد توزیع ژنوتیپ RR و RX ژن ACTN-3 در بازیکنان نخبه فوتبال ایرانی به ترتیب ۴۱ درصد و ۳۷ درصد، به‌طور معناداری از گروه کنترل بیشتر بود (۱۹). در پژوهش کلوس^۱ و همکاران نشان داده شد که توزیع ژنوتیپ RX ژن ACTN-3 به‌طور معناداری در بازیکنان حرفه‌ای فوتبال با توجه به پست بازی خود متفاوت است (۲۰). در همین راستا، یافته‌های تحقیقی گزارش کرده‌اند که فراوانی ژنوتیپ (XX) به‌طور معناداری در ورزشکاران سرعتی و قدرتی کمتر از سایر گروه‌های ورزشکاران است (۱۰-۵). احمدوف و همکاران نیز 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 افراد مرتبط است (۵). یانگ^۲ و همکاران گزارش کردند که پلی‌مورفیسم‌های ژن ACTN-3، سطوح عملکردی و رقابتی و همچنین توان انجام تحتانی را در ورزشکاران سرعتی-قدرتی متأثر می‌کند (۲۱)؛ بنابراین با وجود برخی نتایج متناقض، تحقیقات نشان داده‌اند که ژنوتیپ (RR) در مقایسه با ژنوتیپ‌های (XX) و (RX)، با عملکرد سرعتی و قدرتی بیشتری همراه است و توزیع آن در ورزشکاران قدرتی و سرعتی در مقایسه با سایر ورزشکاران بیشتر است (۱۱-۴، ۱۱-۱۵).

با توجه به این توضیحات و یافته‌های پژوهشی، می‌توان فرض کرد که کشتی‌گیران نخبه در مقایسه با کشتی‌گیران غیرنخبه حامل آلل R بیشتری از ژن ACTN-3 باشند؛ این در حالی است که تاکنون شواهد پژوهشی چگونگی توزیع ژنوتیپ R577X ژن ACTN-3 را در کشتی‌گیران نخبه و غیرنخبه ایرانی بررسی نکرده‌اند؛ بنابراین با توجه به ارتباط و تأثیرگذاری ژنوتیپ‌های ژن ACE و ACTN-3 بر عملکرد جسمانی و ورزشی ورزشکاران در سطوح بالای ورزشی، این سؤال مطرح می‌شود که آیا توزیع این ژنوتیپ‌ها در کشتی‌گیران نخبه و غیرنخبه ایرانی متفاوت است؟ تاکنون در ادبیات پژوهشی، این موضوع مهم بررسی نشده است؛ بنابراین هدف پژوهش حاضر، مقایسه ژنوتیپ I/D ژن ACE و R/X ژن ACTN-3 در کشتی‌گیران نخبه و غیرنخبه ایرانی بود.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی و از لحاظ روش‌شناسی از نوع پس‌رویدادی و علی-مقایسه‌ای بود. جامعه هدف این پژوهش، کشتی‌گیران مرد نخبه و غیرنخبه از استان تهران بودند. با مکاتبه و هماهنگی با اداره ورزش و جوانان استان تهران، طی فراخوانی به مربیان و ورزشکاران این رشته اطلاع‌رسانی شد. با توجه به هدف مطالعه، تعداد نمونه همه حجم جامعه را در بر گرفت که شامل ۲۲ کشتی‌گیر نخبه (سن: ۲۷/۳۲±۴/۱۱ سال، وزن: ۹۵/۴۱±۱۱/۱۲ کیلوگرم، قد: ۱۷۵/۳۵±۵/۶۸ سانتی‌متر) و ۳۶ کشتی‌گیر غیرنخبه (سن: ۲۹/۴۵±۵/۱۵ سال، وزن: ۹۶/۵۴±۱۰/۷۵ کیلوگرم، قد: ۱۷۸/۶۸±۶/۸۷ سانتی‌متر) [میانگین± انحراف معیار] بود. همه نمونه‌ها به‌صورت هدفمند انتخاب شدند. پس از دریافت معرفی‌نامه، محقق اقدام به جمع‌آوری اطلاعات کرد. در این پژوهش، منظور از کشتی‌گیر نخبه، ورزشکاری بود که در رشته کشتی موفق به راه‌یابی به تیم ملی و کسب مدال در بازی‌های آسیایی، جهانی یا المپیک شده بود. همچنین کشتی‌گیر غیرنخبه به فردی اطلاق شد که

1. Clos
2. Yang

به شکل سازمان‌یافته به فعالیت در رشته ورزشی کشتی پرداخته بود (حداقل پنج سال)، اما موفق به راهیابی به تیم ملی نشده است؛ بر این اساس، معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن حداقل پنج سال سابقه تمرین برای کشتی‌گیران غیرنخبه، کسب مدال در یکی از رقابت‌های المپیک، جهانی و آسیایی برای کشتی‌گیران نخبه و نداشتن سابقه قبلی بیماری‌های روان‌شناختی، قلبی-عروقی، تنفسی، آسم، دیابت و... برای همه آزمودنی‌های پژوهش، در طول شش ماه گذشته بود. پس از تکمیل برگه‌های اطلاعات فردی، پزشکی-ورزشی و رضایت‌نامه شخصی مشارکت در تحقیق، از آزمودنی‌ها برای انجام نمونه‌گیری دعوت شد. گروهی شامل یک کارشناس آزمایشگاه، یک پرستار به همراه پژوهشگر در محل تمرین کشتی‌گیران در شهر تهران حاضر شدند و از همه آنان نمونه بزاق گرفته شد. پیش از انجام نمونه‌گیری، از هر آزمودنی خواسته شد مسواک بزند و به مدت یک ساعت از خوردن، آشامیدن و جویدن آدامس خودداری کند. سپس دست‌کم یک میلی‌لیتر نمونه بزاق بدون کف در یک فالکون استریل ۱۵ میلی‌لیتری جمع‌آوری شد و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. در ادامه، ضمن کسب رضایت‌نامه از همه شرکت‌کنندگان، به آنان اطمینان داده شد که در صورت تمایل نداشتن به ادامه همکاری در هر مرحله از پژوهش، می‌توانند انصراف خود را اعلام کنند. کد اخلاق پژوهش حاضر از دانشگاه اصفهان (ethics Code: IR. UI. 140109) دریافت شد.

استخراج DNA: از هر کشتی‌گیر انتخاب‌شده، مقدار چهار میلی‌لیتر بزاق در ویال مخصوص کیت بزاق (شرکت Takara ژاپن) گرفته شد و با اجرای دستورالعمل آزمایشگاهی، DNA آنان استخراج شد. در ادامه، غلظت و خلوص DNA به‌دست‌آمده با استفاده از دستگاه نانودرآپ^۱ و در طول موج‌های ۲۶۰ و ۲۸۰ ارزیابی شد (میانگین غلظت: $OD_{260/280}=1.2-7$). برای استخراج DNA، پس از ذوب شدن نمونه بزاق ۱/۵ میلی‌لیتر، روی یخ قرار داده شد و به آن ۰/۵ میلی‌لیتر PBS سرد اضافه شد تا به شکل مطلوبی مخلوط شود. میکروتیوب حاوی نمونه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد با دور ۸۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد و محلول رویی دور ریخته شد و سپس با پیپتاژ کاملاً مخلوط شد. مخلوط به‌دست‌آمده در بن‌ماری ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت انکوبه شد و به مدت ۳۰ ثانیه ورتکس شد تا مخلوط شیری‌رنگی به دست آید. سپس نمونه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰ سانتریفوژ شد. محلول رویی دور ریخته شد. رسوب DNA حاصل با ۵۰۰ میکرولیتر اتانول ۷۰ درصد شست‌وشو داده شد. اتانول ۷۰ درصد خارج و رسوب DNA به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه در دمای اتاق انکوبه شد تا خشک شود. غلظت DNA استخراج‌شده بین ۴۴۰ تا ۱۳۰ ng/ul و نسبت جذب ۲۶۰ نانومتر به ۲۸۰ نانومتر نمونه‌ها بین ۱/۸ تا ۱/۹۶ بود.

تعیین ژنوتیپ: تعیین ژنوتیپ‌های ACE و ACTN-3 در کشتی‌گیران نخبه و غیرنخبه به روش RFLP^۲ انجام شد؛ بر این اساس، ابتدا نمونه DNA استخراج‌شده با استفاده از آنزیم برشی ویژه، هضم^۳ شد و تعداد زیاد قطعات حاصل با طول متفاوت، با استفاده از ژل آگاروز از یکدیگر جدا شد (جدول شماره یک). در ادامه، برای شناسایی و تشخیص یک قطعه خاص از پرایمرهای ویژه هر کدام از دو ژن ACE و ACTN-3 استفاده شد (جدول شماره دو).

1. Nano drop
2. Restriction Fragment Length Polymorphism
3. Digest

جدول ۱- ژن‌ها و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، طول قطعات و آنزیم‌های برشی آن‌ها

Table 1- Studied genes and genotypes, fragment length and their cutting enzymes

ژن	ژنوتیپ	طول قطعه	آنزیم محدودکننده برش
Gene	Genotype	Fragment length	Cutting enzymes
ACE	ID	592	NcoI
	ID	312	
	II	592,312	
ACTN-3	RR	205,86	HpyF3I (DdeI)
	RX	108,97,86	
	XX	97,108,205,86	

واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR): با برنامه‌ریزی دستگاه PCR برای چرخه‌های حرارتی، مراحل این فرایند به ترتیب شامل دمای 93°C برای اتصال آغازگرها به مدت ۱ دقیقه و دمای 72°C برای ساخت و گسترش به مدت ۱ دقیقه بود. در نهایت، واکنش زنجیره‌ای پلیمرز با غلظت ۲۵ میکرولیتر و شامل ۱۴ میکرولیتر آب دو بار تقطیر، ۲/۵ میکرو لیتر X PCR buffer، ۱۰، ۰/۷۶ میکرو لیتر MgCl_2 (50 mM)، ۰/۵ میکرو لیتر dNTP، ۱ میکرو لیتر از هر کدام از پرایمرها، ۰/۳ میکرو لیتر آنزیم Taq DNA polymerase و ۵ میکرو لیتر DNA الگو انجام شد (جدول شماره دو). در ادامه واکنش PCR در دستگاه ترموسایکلر^۲ (ساخت کشور آمریکا، شرکت TECHENE)، با شرایط دمایی 94°C و 41°C چرخه شامل واسرشت شدن در دمای 94°C به مدت ۴۵ ثانیه، طولی شدن در دمای 72°C به مدت ۱ دقیقه و در نهایت طولی شدن نهایی در دمای 72°C به مدت ۷ دقیقه انجام شد. پس از اتمام PCR، محصول آن تحت تأثیر آنزیم برشی قرار گرفت تا در صورت وجود جهش توسط آنزیم به کار گرفته شده هضم شود. در انتها، محصول به دست آمده روی ژل آگارز الکتروفورز شد و با اتیدیوم رنگ آمیزی شد تا باندهای روی آن مشخص شود (۴).

جدول ۲- مشخصات پرایمرها و طول قطعه ژن‌های مورد مطالعه

Table 2- Characteristics of primers and the length of the gene fragment under study

ژن	پرایمرها	طول قطعه
Gene	primers	length of piece
ACE	رفت	۲۰
	برگشت	۲۰
ACTN-3	رفت	۲۱
	برگشت	۲۱

در این پژوهش، به منظور خلاصه و دسته‌بندی کردن اطلاعات، از آمار توصیفی و به شکل محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی (میانگین و انحراف استاندارد)، استفاده شد. از آمار استنباطی با استفاده از آزمون کای مربع به مقایسه توزیع ژنوتیپ

1. Polymerase Chain Reaction
2. Thermal Cycler

I/D ژن ACE و R577X ژن ACTN3 در مردان کشتی‌گیر نخبه و غیرنخبه پرداخته شد. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اسپ‌اس‌اس^۱ نسخه ۲۳ صورت گرفت. سطح معناداری $P < 0.05$ در نظر گرفته شد. برای رسم نمودار از نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۱۶ استفاده شد.

نتایج

در جدول شماره سه، اطلاعات توصیفی مربوط به ویژگی‌های فردی شرکت‌کنندگان در پژوهش از قبیل سن، قد و وزن کشتی‌گیران نخبه (تعداد=۲۲) و غیرنخبه (تعداد=۳۶) ارائه شده است.

جدول ۳- اطلاعات توصیفی (میانگین و انحراف معیار)، مربوط به ویژگی‌های فردی کشتی‌گیران نخبه و غیرنخبه

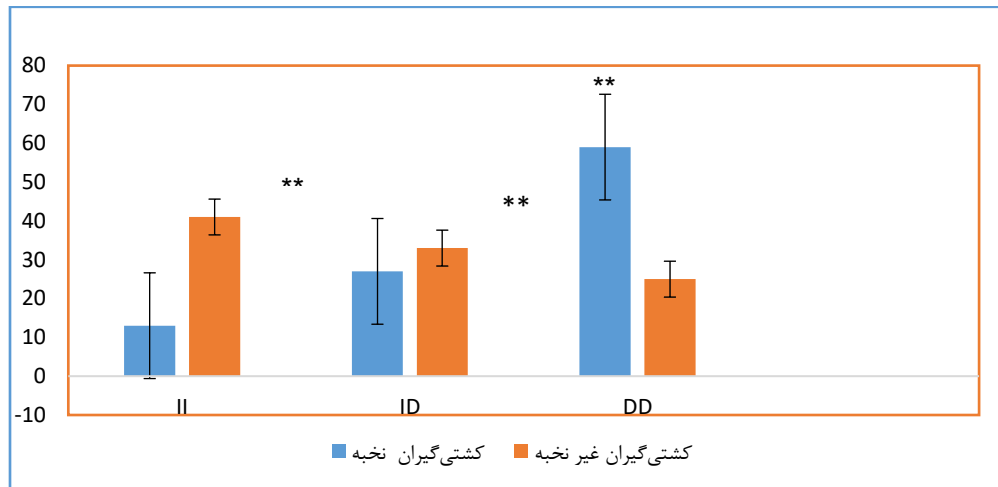
Table 3- Descriptive information (mean and standard deviation), related to individual characteristics of elite and non-elite wrestlers

متغیرها	فراوانی (n)	سن Mean(S.D)	قد Mean(S.D)	وزن Mean(S.D)
کشتی‌گیران نخبه Elite wrestlers	22	27.32±4.11	175.35±5.68	95.41±11.12
کشتی‌گیران غیرنخبه Non-elite wrestlers	36	29.45±5.15	178.68±6.87	96.54±10.75

همانطور که نتایج جدول شماره چهار و شکل شماره یک نشان می‌دهد، به مقایسه توزیع فراوانی ژنوتیپ‌های II، ID و DD ژن ACE، در بین کشتی‌گیران نخبه و غیر نخبه پرداخته شده است تا مشخص شود کشتی‌گیران نخبه در مقایسه با کشتی‌گیران غیرنخبه با یکدیگر چه تفاوتی در توزیع فراوانی ژنوتیپ‌های ذکر شده دارند. تحلیل داده‌ها نشان داد که کشتی‌گیران نخبه در مقایسه با کشتی‌گیران غیرنخبه، به‌طور معناداری توزیع فراوانی بیشتری از ژنوتیپ DD ژن ACE را در اختیار دارند (۵۹٪ در برابر ۲۵٪ درصد) ($P=0.000$)؛ این در حالی است که کشتی‌گیران غیرنخبه در مقایسه با کشتی‌گیران نخبه، به‌طور معناداری توزیع فراوانی بیشتری از ژنوتیپ‌های II (۴۱/۶٪ در برابر ۱۳/۶٪ درصد)، ($P=0.000$) و ID (۳۳/۳٪ در برابر ۲۷/۳٪ درصد)، ($P=0.000$) ژن ACE را در اختیار دارند. این نتایج نشان می‌دهد که برخورداری از ژنوتیپ DD ژن ACE می‌تواند عامل کسب موفقیت و رسیدن به سطوح نخبگی در ورزشکاران کشتی‌گیر باشد.

جدول ۴- مقایسه توزیع فراوانی ژنوتیپ I/D ژن ACE در بین دو گروه کشتی‌گیران نخبه و غیرنخبه

متغیرها Variables	کشتی‌گیران نخبه Elite wrestlers	کشتی‌گیران غیرنخبه Non-elite wrestlers	معناداری Significance
II	3 (13.6%)	15 (41.6%)	0.000
ID	6 (27.3%)	12 (33.3%)	0.000
DD	13 (59%)	9 (25%)	0.000



**Significance level: $P < 0.01$

شکل ۱- نمودار مقایسه توزیع فراوانی ژنوتیپ I/D ژن ACE در بین کشتی گیران نخبه و غیرنخبه

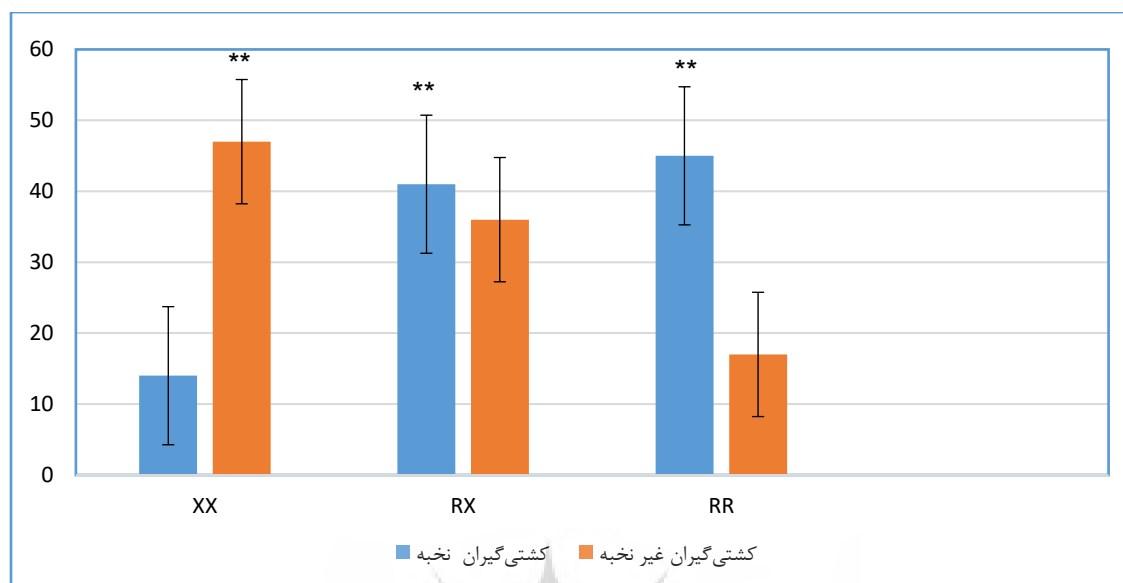
Figure 1- Chart of comparison of the frequency distribution of the I/D genotype of the ACE gene among elite and non-elite wrestlers

همان طور که نتایج جدول شماره پنج و شکل شماره دو نشان می دهد، به مقایسه توزیع فراوانی ژنوتیپ های XX، RX و RR ژن ACTN3، در بین کشتی گیران نخبه و غیرنخبه پرداخته شده است تا مشخص شود کشتی گیران نخبه در مقایسه با کشتی گیران غیرنخبه با یکدیگر چه تفاوتی در توزیع فراوانی ژنوتیپ های ذکر شده دارند. تحلیل آماری داده ها نشان داد که کشتی گیران نخبه در مقایسه با کشتی گیران غیرنخبه، به طور معناداری توزیع فراوانی بیشتری از ژنوتیپ RR (۴۵/۵) در برابر (۱۶/۷ درصد) ($P=0.000$) و RX (۴۰/۹) در برابر (۳۶/۱ درصد) ($P=0.000$)، ژن ACTN3 را در اختیار دارند؛ این در حالی است که کشتی گیران غیرنخبه در مقایسه با کشتی گیران نخبه، به طور معناداری توزیع فراوانی بیشتری از ژنوتیپ های XX (۴۷/۲) در برابر (۱۳/۶ درصد) ($P=0.000$)، ژن ACTN3 را در اختیار دارند. این نتایج نشان می دهد که برخورداری از ژنوتیپ RR و RX ژن ACE می تواند عامل کسب موفقیت و رسیدن به سطوح نخبگی در ورزشکاران کشتی گیر باشد.

جدول ۵- مقایسه توزیع فراوانی ژنوتیپ R/X ژن ACTN3 در بین دو گروه کشتی گیران نخبه و غیرنخبه

Table 5- Comparison of frequency distribution of R/X genotype of ACTN3 gene between two groups of elite and non-elite wrestlers

معناداری Significance	کشتی گیران غیرنخبه Non-elite wrestlers	کشتی گیران نخبه Elite wrestlers	متغیرها Variables
0.000	(%47.2) 17	(%13.6) 3	XX
0.000	(%36.1) 13	(%40.9) 9	RX
0.000	(%16.7) 6	(%45.5) 10	RR



**Significance level: $P < 0.01$

شکل ۲- نمودار مقایسه توزیع درصد فراوانی ژنوتیپ R/X ژن ACTN3 در کشتی‌گیران نخبه و غیرنخبه

Figure 2- Chat of comparison of the frequency distribution of the R/X genotype of the ACTN3 gene in elite and non-elite wrestlers

بحث و نتیجه‌گیری

شناسایی عوامل تعیین‌کننده عملکرد ورزشی در انسان، به‌عنوان چالش پژوهشی در میان پژوهشگران و متخصصان علوم ورزشی مطرح شده است. عملکرد ورزشی، پدیده‌ای چندوجهی و بسیار پیچیده است و تحت تأثیر عوامل فردی (ژنتیک، رفتار حرکتی و روان‌شناختی)، محیطی (تغذیه، تمرین و سلامت بدن) و همچنین تعامل میان آن‌ها قرار می‌گیرد (۲۲، ۱۲، ۴)؛ از این رو پژوهش حاضر با هدف مقایسه ژنوتیپ I/D ژن ACE و R577X ژن ACTN3 در مردان کشتی‌گیر نخبه و غیرنخبه ایرانی انجام شد. بخشی از نتایج پژوهش نشان داد که کشتی‌گیران نخبه در مقایسه با کشتی‌گیران غیرنخبه، به‌طور معناداری توزیع فراوانی بیشتری از ژنوتیپ DD ژن ACE را در اختیار دارند؛ در حالی که کشتی‌گیران غیرنخبه در مقایسه با کشتی‌گیران نخبه، به‌طور معناداری توزیع فراوانی بیشتری از ژنوتیپ‌های II و ID ژن ACE را در اختیار دارند. این نتایج با یافته‌های پژوهش‌های مک‌اولی و همکاران (۱۰)، موسوی و همکاران (۱۱)، احمدوف و همکاران (۱۲)، پریرا و همکاران (۱۳) و جاکوب و همکاران (۱۴) و نیز بخشی از یافته‌های مطالعه ارسکین و همکاران (۶) همسوست، اما با بخشی از یافته‌های پژوهش‌های اسکات و همکاران (۱۵) و آکوک و همکاران (۱۶) ناهم‌سوست.

نکته درخور توجهی که از زمان شناسایی ژن ACE به‌عنوان یک ژن مؤثر در عملکرد جسمانی و ورزشی ورزشکاران 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، به میزان

در خورتوجهی ارتقا می‌دهد. همچنین آنژیوتانسین II باعث افزایش تجزیه برادی کینین می‌شود. برادی کینین، عامل بازدارنده نمو است. از طرفی، تحریک مستقیم رشد سلولی که به افزایش قدرت، هیپرتروفی عضلانی و القای عوامل درون‌زای رشد منجر شده، توسط آنژیوتانسین II تسهیل می‌شود (۱۲، ۱). تحقیقات نشان داده‌اند که آنژیوتانسین II در اثربخشی بارهای مکانیکی وارد شده بر عضلات، به عنوان تنظیم‌کننده هیپرتروفی و متعاقباً قدرت عضلات اسکلتی عمل می‌کند. علاوه بر این، نشان داده شده است که مهار گیرنده آنژیوتانسین I که تحریک آنژیوتانسین II را تسهیل می‌کند، از افزایش توده عضله و قدرت انقباضی عضلات جلوگیری می‌کند (۱۷، ۱۶)؛ بنابراین همان‌طور که نتایج پژوهش حاضر نیز نشان می‌دهد، اینکه کشتی‌گیران نخبه حامل ژنوتیپ DD ژن ACE، در مقایسه با کشتی‌گیران غیرنخبه دارای هموزیگوت‌های II این ژن، به علت برخورداری از شرایط و زمینه‌های فیزیولوژیکی مناسب‌تر برای داشتن قدرت و توان عضلانی بیشتر از سطوح عملکردی و موفقیت ورزشی بالاتری در سطوح ملی و بین‌المللی برخوردار باشند، دور از انتظار نیست.

بخش دیگری از نتایج پژوهش حاضر نشان داد که توزیع فراوانی ژنوتیپ R/X ژن ACTN3، در بین کشتی‌گیران نخبه ایرانی به‌طور معناداری با گروه کشتی‌گیران غیرنخبه متفاوت است. تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که کشتی‌گیران نخبه در مقایسه با کشتی‌گیران غیرنخبه، به‌طور معناداری توزیع فراوانی بیشتری از ژنوتیپ RR و RX، ژن ACTN-3 را در اختیار دارند؛ این در حالی است که کشتی‌گیران غیرنخبه در مقایسه با کشتی‌گیران نخبه، به‌طور معناداری توزیع فراوانی بیشتری از ژنوتیپ‌های XX، ژن ACTN-3 را در اختیار دارند. این نتایج با بخشی از یافته‌های پژوهش‌های احمدوف و همکاران (۵)، مک‌اولی و همکاران (۱۰)، داورپناه و همکاران (۱۸)، هنریور و همکاران (۱۹)، کلوس و همکاران (۲۰) و یانگ و همکاران (۲۱) همسوست، اما با یافته‌های پژوهش‌های اسکات و همکاران (۱۵) و آکوک و همکاران (۱۶) ناهمسوست.

نکته حائز اهمیت در ارتباط با ژن ACTN-3 این است که ژنوتیپ RR نسبت به ژنوتیپ XX، این ژن قادر به تولید مقدار بیشتری از آلفا آکتینین-۳ است. برخلاف آلفا آکتینین-۲، بیان آلفا آکتینین-۳ تنها محدود به تارهای عضلانی تند انقباضی است که مسئول تولید نیرو با سرعت و قدرت زیاد است؛ بر این اساس، وظایف کارکردی که به آلفا آکتینین-۳ نسبت داده شده است، شامل تغییر ویژگی‌های انقباضی سارکومر در تارهای عضلانی تند انقباض، تأثیر بر تمایزپذیری، هیپرتروفی و قدرت تارهای عضلانی از طریق ارتباط غیرمستقیم آلفا آکتینین و پروتئین‌های پیام‌رسان مانند کلسی نورین^۱ و تغییر ویژگی‌های متابولیسمی تارهای عضلانی از راه آنزیم‌های متابولیسمی است؛ در نتیجه حضور و نقش آلفا آکتینین-۳، به‌عنوان عاملی که می‌تواند در تولید قدرت و عملکرد سرعتی-قدرتی نقش داشته باشد، مدنظر پژوهشگران است (۱۳-۱۱، ۷، ۱). 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 می‌شوند. در همین زمینه، ژن ACTN-3 به‌عنوان یکی از ژن‌های کاندیدا، مدنظر بسیاری از محققان این حوزه قرار گرفته است (۲۷-۲۵، ۲۳). بیان آلفا آکتینین-۳ به تارهای عضلانی تند انقباض محدود می‌شود و برخلاف ژنوتیپ‌های XX، ژنوتیپ‌های RR و RX، این ژن مقادیر زیادی از آلفا آکتینین-۳ را در خود جای می‌دهد و بیان می‌کند (۲۶-۲۳، ۱۸، ۱۰، ۵)؛ از این رو همان‌طور که نتایج پژوهش حاضر نیز تأیید می‌کند، کشتی‌گیران برخوردار از ژنوتیپ RR ژن ACTN-3 در مقایسه با کشتی‌گیران دارای هموزیگوت‌های XX، از سطوح عملکردی و موفقیت ورزشی (کشتی‌گیران نخبه) بالاتری برخوردارند.

1. Calcineurin

پیام مقاله

براساس نتایج این پژوهش، کشتی‌گیران برخوردار از آلل ACE D و آلل ACTN-3 R، به ترتیب در مقایسه با کشتی‌گیران برخوردار از هموزیگوت‌های II و XX، از سطح عملکردی و موفقیت ورزشی بالاتری برخوردارند؛ بنابراین با توجه به اهمیت رشته ورزشی کشتی به عنوان یک رشته مدال‌آور المپیک برای کشورمان و همچنین اهمیت شناسایی متغیرهای ژنتیکی مرتبط با عملکرد ورزشی در طول یک دهه گذشته، می‌توان پل ارتباطی دوطرفه‌ای را بین دارا بودن نیم‌رخ ژنتیکی مطلوب از ژنوتیپ‌های ACE I/D و ACTN-3 R/X و رسیدن به سطوح نخبگی برای ورزشکاران کشتی‌گیر متصور شد. از جمله محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به تعداد کم آزمودنی‌ها به‌ویژه کشتی‌گیران نخبه اشاره کرد (توصیه می‌شود، پژوهش‌های مشابهی با تعداد آزمودنی بیشتر انجام شود). همچنین در نظر نگرفتن شرایط اپی ژنتیکی و بررسی صرفاً جنس مذکر، از محدودیت‌های دیگر پژوهش بود.

تشکر و قدردانی

از همه کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را داریم. این مقاله با کمک‌های مالی پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی و همچنین بنیاد ملی ایران - صندوق حمایت از پژوهش‌گران و فناوران (Iran National Science Foundations, INSF)؛ با کد طرح: ۹۸۰۲۲۳۹۶ انجام گرفته است.

منابع

1. Goudarzi M, Honari H. Designing and developing the strategic system of wrestling in IR Iran improving wrestling in Islamic Republic of Iran. *World Journal of Sport Sciences*. 2009;2(1):65-74.
2. Franchini E, Sterkowicz S, Meira Jr CM, Gomes FR, Tani G. Technical variation in a sample of high-level judo players. *Perceptual and Motor Skills*. 2008;106(3):859-69.
3. MacArthur DG, North KN. Genes and human elite athletic performance. *Human genetics*. 2005; 116:331-9.
4. Collins M, editor. *Genetics and sports*. Karger Medical and Scientific Publishers; 2009. pp. 111-25.
5. 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;63:79-85.
6. Erskine RM, Willams 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):642-48.
7. Rigat B, Hubert C, Alhenc-Gelas F, Cambien F, Corvol P, Soubrier F, et al. An insertion/deletion polymorphism in the angiotensin I-converting enzyme gene accounting for half the variance of serum enzyme levels. *The Journal of Clinical Investigation*. 1990;86(4):1343-46.
8. Reneland R, Lithell H. Angiotensin-converting enzyme in human skeletal muscle. A simple in vitro assay of activity in needle biopsy specimens. *Scandinavian Journal of Clinical and laboratory Investigation*. 1994;54(2):105-11.
9. Gordon SE, Davis BS, Carlson CJ, Booth FW. ANG II is required for optimal overload-induced skeletal muscle hypertrophy. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2001;280(1): E150-9.

10. McAuley AB, Hughes DC, Tsaprouni LG, Varley I, Suraci B, Roos TR, et al. The association of the ACTN3 R577X & ACE I/D polymorphisms with athlete status in football: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*. 2021;39(2):200-11.
11. Mousavi SR, Batavani MR, Ghofrani M. Comparison of the genetic profile of single nucleotide polymorphism rs4646994 of ACE gene in elite male weightlifters and non-athletes. *Journal of Ilam University of Medical Sciences*. 2021;29(4):93-102. (In Persian).
12. Ahmetov II, Williams AG, Popov DV, Lyubeava 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.
13. 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):1-8.
14. Jacob Y, Spiteri T, Hart NH, Anderton RS. The potential role of genetic markers in talent identification and athlete assessment in elite sport. *Sports*. 2018;6(3):88.
15. Scott RA, Moran C, Wilson RH, Onywera V, Boit MK, Goodwin W, 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. Akkoç O, Sercan C, Kirandı Ö, Erol M, Kapıcı S, Kayhan RF, Akkoç T, et al. Determination of the distribution angiotensin-converting enzyme (ACE I/D) and alpha-actinin-3 (ACTN-3 R577X) among elite sprinters and middle-long distance runners in Turkey. *Progress in Nutrition*. 2020;22(2): e2020031.
17. North KN, Beggs AH. Deficiency of a skeletal muscle isoform of α -actinin (α -actinin-3) in merosin-positive congenital muscular dystrophy. *Neuromuscular Disorders*. 1996;6(4):229-35.
18. Davrpanah S, Fadzizadeh R, Siahkohian N, Saifi F. Investigating the R577X polymorphism in the ACTN3 gene of wrestlers. *Sports and Biological Sciences*. 2023;14(28):77-84. (In Persian).
19. Honarpour A, Mohseni M, Ghavidel Hajiagha S, Irani S, Najmabadi H. Investigation of the relationship between a genetic polymorphism in ACTN3 and elite sport performance among Iranian soccer players. *Iranian Rehabilitation Journal*. 2017;15(2):149-54.
20. Clos E, Pruna R, Lundblad M, Artells R, Maffulli N. ACTN3's R577X single nucleotide polymorphism allele distribution differs significantly in professional football players according to their field position. *Medical Principles and Practice*. 2021;30(1):92-7.
21. Yang R, Shen X, Wang Y, Vision S, Cai G, Fu Y, Xu W, et al. ACTN3 R577X gene variant is associated with muscle-related phenotypes in elite Chinese Sprint/power athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2017;31(4):1107-15.
22. 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; 126:751-61.
23. Shahram N, Abbas B. The effect of ACE and ACTN-3 difference genotypes on fundamental movement skills development in 4-6 years old children. *Motor Behavior*. 2021;13(43):63-84.
24. Giaccaglia V, Nicklas B, Kritchevsky S, Mychalecky J, Messier S, Blecker E, et al. Interaction between angiotensin converting enzyme insertion/deletion genotype and exercise training on knee extensor strength in older individuals. *International Journal of Sports Medicine*. 2008;29(1):40-4.
25. Clarkson PM, Devaney JM, Gordish-Dressman H, Thompson PD, Hubal MJ, Urso M, et al. ACTN3 genotype is associated with increases in muscle strength in response to resistance training in women. *Journal of Applied Physiology*. 2005;99(1):154-63.
26. Charbonneau DE, Hanson ED, Ludlow AT, Delmonico MJ, Hurley BF, Roth SM. ACE genotype and the muscle hypertrophic and strength responses to strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2008;40(4):677.

27. Nazarpouri S, 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*. 2022;14(47):59-82.

