Journal of Studies and Researches of Sport Education
spo.uobasrah.edu.iq

A Comparative Study on the Effect of ACTN3 Gene Polymorphisms (RR, RX, XX) on Aerobic and Anaerobic Energy Indicators among Handball Players

Author: Nours Najeeb Ahmed
University of Diyala / College of Basic Education / Department of Physical Education and Sport Sciences

Article information

Article history:
Received 29/12/2026
Accepted 17/02/2026
Available online 15, Mar ,2026

Keywords: ACTN3 gene, aerobic energy, anaerobic energy, handball

Journal of Studies and Researches of Sport Education

Online ISSN: 2789-6560
Volume 36, Issue 2, 2026
Page:240-255

Abstract

The importance of this study lies in its aim to compare handball players according to the ACTN3 gene polymorphisms (RR, RX, XX) in selected indicators of aerobic and anaerobic energy, in order to explore the relationship between genetic structure and physiological efficiency, and to determine whether these gene patterns contribute to explaining differences in physical performance among players, The study aimed to identify the ACTN3 gene polymorphisms (RR, RX, XX) in a sample of handball players, measure selected aerobic and anaerobic energy indicators, and compare these indicators among the three genotypes. The researchers adopted the experimental approach, as it was suitable for the nature of the research problem, specifically using the quasi-experimental design with three groups based on the genetic classification of players, The research population consisted of (30) young male handball players from the National Center for Sports Talent Development in Diyala Governorate. The research sample was selected randomly and included (22) players. The field procedures included conducting laboratory and field tests: the 40-, 50-, and 60-yard sprint tests to assess short-term anaerobic power, the step test to assess lactic (anaerobic) capacity, and the Harvard step test to assess aerobic capacity, The practical application was carried out over two consecutive days, Wednesday and Thursday (October 8–9, 2025), in the indoor sports hall at the Diyala Sports Club in Baqubah, The results revealed, after analysis and discussion, significant differences among the three genotypes (RR, RX, XX) in both aerobic and anaerobic performance indicators of the handball players, confirming the influence of ACTN3 gene polymorphism on variations in physical and physiological performance, The researcher recommends using ACTN3 genotyping as one of the indicators for sports talent selection, particularly in team sports such as handball, to determine the most suitable training direction (endurance – speed – power). Furthermore, it is recommended to design specialized training programs that take into account genetic individual differences, aiming to develop aerobic or anaerobic capacities according to the player's genetic profile for optimal performance efficiency. The study also recommends utilizing genetic analysis results in early talent identification to guide young athletes toward sports or playing roles that match their genetic and physiological characteristics.

DOI: https://doi.org/10.55998/jsrse.v36i2.1365©Authors, 2025. College of Physical Education and sport sciences, University of Basrah.
This is an open-access article under the CC By 4.0 license (creative commons licenses by 4.0)

مجلة دراسات وبحوث التربية الرياضية
spo.uobasrah.edu.iq

دراسة مقارنة لتأثير أنماط جين ACTN3 (RR, RX, XX) في مؤشرات الطاقة الهوائية واللاهوائية لدى لاعبي كرة اليد

نورس نجيب احمد

جامعة ديالى / كلية التربية الاساسية/ قسم البدنية وعلوم الرياضة

معلومات البحث

تاريخ البحث:
الاستلام: 2025/12/29
القبول: 2026/02/17
التوفر على الانترنت: 15,اذار,2026

الكلمات المفتاحية:
APECS، الذكاء الاصطناعي، الانحرافات القوامية ، الطلاب

الملخص

جاءت اهمية هذه الدراسة التي تهدف إلى المقارنة بين لاعبي كرة اليد وفق أنماط جينACTN3 (RR، RX، XX) في بعض مؤشرات الطاقة الهوائية واللاهوائية، بهدف الكشف عن العلاقة بين التركيب الجيني ومستوى الكفاءة الفسيولوجية، وتحديد ما إذا كانت أنماط هذا الجين تسهم في تفسير الفروق في الأداء البدني بين اللاعبين، وهدف البحث الى تحديد أنماط جين (ACTN3 RR، RX، XX) لدى عينة من لاعبي كرة اليد، وقياس بعض مؤشرات الطاقة الهوائية واللاهوائية لدى عينة من لاعبي كرة اليد، والمقارنة بين لاعبي كرة اليد وفق أنماط جين ACTN3 في تلك المؤشرات الهوائية واللاهوائية، واعتمد الباحثون المنهج التجريبي وذلك لملاءمته طبيعة مشكلة البحث، استخدم الباحث المنهج شبه التجريبي بأسلوب المقارنات بتصميم ثلاث مجموعات على أساس التصنيف الجيني للاعبين، تكون مجتمع البحث من لاعبي المركز الوطني لرعاية الموهبة في محافظة ديالى بكرة اليد للشاب البالغ عددهم (30لاعب)، وتم اختيار عينة البحث بالطريقة العشوائية والبالغ عددهم (22لاعب)، وشملت اجراءات البحث الميدانية اجراء التجارب والاختبارات التي شملت اختبارات اختبارات العدو (40، و50، و60) ياردة لقياس القدرة اللاهوائية القصيرة، و اختبار الخطوة لقياس القدرة اللاكتيكية(اللاهوائية)، واختبار هارفارد للخطوة لقياس القدرة الهوائية، تم تنفيذ **التطبيق الميداني** على عينة البحث وذلك في يومي الاربعاء والخميس الموافق (8-2025/10/9) في القاعة المغلقة في بعقوبة/ نادي ديالى الرياضي، أظهر النتائج في ضوء عرض النتائج وتحليلها ومناقشتها، توصل الباحث إلى وجود فروق معنوية واضحة بين الأنماط الجينية الثلاثة RR)، RX، XX)في مؤشرات القدرات الهوائية واللاهوائية لدى لاعبي كرة اليد، مما يؤكد تأثير النمط الجيني لجين ACTN3في تباين الأداء البدني والفسيولوجي، كما ، ويوصي الباحث باعتماد التحليل الجيني لجين ACTN3 كأحد مؤشرات الانتقاء الرياضي للاعبي الألعاب الجماعية، ولاسيما كرة اليد، لتحديد الاتجاه التدريبي الأنسب (تحمّل – سرعة – قوة)، وتصميم برامج تدريبية متخصصة تراعي الفروق الفردية الجينية، بحيث تُنمّى القدرات الهوائية أو اللاهوائية وفق النمط الجيني السائد لدى اللاعب، بهدف تحقيق أعلى كفاءة في الأداء، كذلك توظيف نتائج التحليل الجيني في مراحل الانتقاء المبكر للناشئين، لتوجيههم نحو الألعاب أو الأدوار التي تتناسب مع خصائصهم الجينية والوظيفية.

DOI: https://doi.org/10.55998/jsrse.v36i2.1365©Authors, 2025. College of Physical Education and sport sciences, University of Basrah.
This is an open-access article under the CC By 4.0 license (creative commons licenses by 4.0)

1- التعريف بالبحث

1-1 المقدمة البحث: -

تُعد الرياضات الجماعية، وكرة اليد على وجه الخصوص، من الأنشطة البدنية التي تتطلب مزيجاً فريداً ومعقداً من القدرات البدنية والفسيولوجية، اذ يتميز الأداء في كرة اليد بالتناوب المستمر بين الحركات عالية الشدة (كالقفز، والرمي، والعدو السريع) التي تعتمد بشكل أساسي على نظام الطاقة اللاهوائي وفترات النشاط منخفضة إلى متوسطة الشدة (كالجري المتقطع والتحرك التكتيكي) التي تعتمد على نظام الطاقة الهوائي لضمان الاستشفاء واستمرارية الأداء طوال المباراة وإن التباين في متطلبات الطاقة هذه يفرض ضرورة البحث في العوامل التي تحدد كفاءة اللاعبين في كلا النظامين. (Khazaal, 2025; Muhammad Al-galabi, 2024) اذ تعد كرة اليد من الألعاب الجماعية السريعة والمتنوعة المتطلبات البدنية، إذ تجمع بين الجهدين الهوائي واللاهوائي بنسب متفاوتة تبعًا لخصائص الموقف التنافسي، وطبيعة المهام الدفاعية والهجومية التي يؤديها اللاعب. ويتطلّب الأداء الفعّال في هذه اللعبة امتلاك مستويات عالية من القوة والسرعة والقدرة الانفجارية والتحمّل العضلي، إلى جانب كفاءة الجهازين القلبي التنفسي والعضلي، مما يجعل من الضروري فهم الأسس الفسيولوجية التي تفسّر الفروق الفردية بين اللاعبين في الأداء والاستجابة للتدريب.(Abdulla, 2025; Hussein & Khaled, 2025)

تشير دراسة إلى أنه مؤخرا قد بدأ الاهتمام بتأثير الجينات على المجال الرياضي وعلى بعض الرياضيين العالميين، وذلك للبحث عن الفائدة المعرفية عن القواعد الجينية المرتبطة بالأداء الرياضي. إن توظيف التكنولوجيا الحديثة في مجال الجينات لدى الرياضيين قد يساعد في تحسين الأداء وتطويره اذ تم التأكيد إلى أن محاولة التعديل أو التطوير في الخلايا غير الوراثية في الجسم مثل تلك الخاصة بالأنسجة العضلية، كما يضيف أنه من المهم الاتجاه نحو عملية الاختبار الجينى Genetic Selection حيث يمكن أن تستخدم معلومات النمط الجيني للفرد، وذلك لتحديد نوع الرياضة التي تناسبه والتي يمكن أن توصله إلى المستويات العليا.(Andy, 2004) (Lin et al., 2024)

في السنوات الأخيرة، اتجهت البحوث العلمية نحو تفسير هذه الفروق من منظور الوراثة الرياضية (Sports Genetics)، بوصفها أحد العوامل المحدّدة للاستعداد البدني والاستجابات التكيفية للتدريب. ومن بين الجينات التي حظيت باهتمام كبير في هذا المجال جين ACTN3 الذي يُرمّز لإنتاج بروتين α-Actinin-3، وهو مكوّن أساسي في الألياف العضلية السريعة (Type II fibers) المسؤولة عن توليد القوة والانقباضات الانفجارية. وقد كشفت العديد من الدراسات أن الطفرة المعروفة بـ R577X في هذا الجين تؤدي إلى غياب البروتين المذكور في الأفراد ذوي النمط XX، في حين يمتلك ذوو النمطين RR و RX القدرة على إنتاجه بدرجات متفاوتة، مما ينعكس على اختلافات في الخصائص العضلية والقدرات الحركية.(de Souza Silva et al., 2025) اذ شهد العقدان الأخيران تقدماً هائلاً في مجال الفسيولوجيا الجينية الرياضية حيث تم تحديد العديد من الجينات التي تلعب دوراً محورياً في تحديد الاستجابة للتدريب والوصول إلى مستويات الأداء النخبوية. ويبرز من بين هذه الجينات جين ألفا-أكتينين-3 (ACTN3)، الذي يطلق عليه غالباً "جين السرعة والقوة" اذ يقع جين ACTN3 على الكروموسوم 11، وهو مسؤول عن ترميز بروتين ألفا-أكتينين-3، وهو مكون هيكلي رئيسي في ألياف العضلات سريعة الانقباض (Fast-Twitch Fibers) من النوع الثاني (Type II Fibers)، والتي تعتبر حاسمة في توليد القوة والسرعة.

اذ تشير الأدبيات العلمية إلى أن النمط RR يرتبط عادةً بالتفوّق في الأنشطة اللاهوائية قصيرة المدة وعالية الشدة (كالركض السريع والقفز والأنشطة المتفجرة)، بينما قد يمتاز النمط XX بقدرة أفضل على التحمل الهوائي نتيجة التكيفات الفسيولوجية للألياف البطيئة. أما النمط RX فيُعدّ حالة وسطية تجمع بين خصائص النمطين بدرجات متباينة. وعلى الرغم

من وفرة الدراسات في ألعاب القوى والتخصصات الفردية، فإن الأبحاث التي تناولت العلاقة بين أنماط جين ACTN3 ومؤشرات الأداء الهوائي واللاهوائي في الألعاب الجماعية، وخصوصًا كرة اليد، ما زالت محدودة، على الرغم من الطبيعة المزدوجة لهذه اللعبة التي تتطلب توازناً بين الجهدين الهوائي واللاهوائي.

من هنا تبرز أهمية هذه الدراسة التي تهدف إلى المقارنة بين لاعبي كرة اليد وفق أنماط جينACTN3 (RR، RX، XX) في بعض مؤشرات الطاقة الهوائية واللاهوائية، بهدف الكشف عن العلاقة بين التركيب الجيني ومستوى الكفاءة الفسيولوجية، وتحديد ما إذا كانت أنماط هذا الجين تسهم في تفسير الفروق في الأداء البدني بين اللاعبين. وتكتسب نتائج هذه الدراسة أهميتها في إمكانية توظيفها في توجيه برامج التدريب الرياضي نحو مزيد من التخصص والدقة في إعداد اللاعبين وفقًا لقدراتهم الوراثية، بما يسهم في تطوير الأداء وتحقيق الكفاءة في الانتقاء الرياضي(Hussein & Khaled, 2024).

2.1.مشكلة البحث:

على الرغم من الأدلة القوية التي تربط النمطين RR و XX بالأداء اللاهوائي والهوائي على التوالي في الرياضات الفردية (كالعدو والماراثون)، إلا أن تأثير هذه الأنماط الجينية في سياق الرياضات الجماعية ذات المتطلبات المزدوجة (الهوائية واللاهوائية) لا يزال بحاجة إلى مزيد من التقصي، خاصة في رياضة متطلبة مثل كرة اليد.

تتباين استجابات لاعبي كرة اليد لبرامج التدريب من حيث تطور قدراتهم الهوائية واللاهوائية، حتى في ظل تشابه ظروف التدريب والعمر الزمني والخبرة التنافسية، الأمر الذي يشير إلى أن العوامل الوراثية قد تؤدي دورًا مؤثرًا في تحديد طبيعة الأداء البدني واستجاباته التكيفية، ويُعد جين ACTN3 أحد الجينات المرتبطة بتحديد نوعية الألياف العضلية وكفاءتها، حيث إن غياب بروتين α–Actinin–3 في الأفراد ذوي النمط XX قد يؤدي إلى فروق في قدرة العضلة على إنتاج الطاقة اللاهوائية مقارنة بذوي النمطين RR و RX.

وإن فهم كيفية تأثير أنماط جين ACTN3 على مؤشرات الطاقة الهوائية (مثل الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين VO2max)ومؤشرات الطاقة اللاهوائية (مثل القدرة اللاهوائية القصوى) لدى لاعبي كرة اليد يمكن أن يوفر أدوات قيمة لاكتشاف المواهب وتحديد اللاعبين الذين يمتلكون استعداداً جينياً لمتطلبات المراكز المختلفة في الفريق، كما يساعد في تصميم برامج تدريبية فردية تستهدف نقاط القوة والضعف الفسيولوجية المرتبطة بالنمط الجيني للاعب.

وعلى الرغم من هذا التطور العلمي، فإن عملية اختيار لاعبي كرة اليد في العديد من البيئات الرياضية ما تزال تعتمد في الغالب على الملاحظة الميدانية والخبرة التدريبية، دون الاستناد الكافي إلى مؤشرات علمية دقيقة مثل الفحوصات الجينية والاختبارات الفسيولوجية. وهذا قد يؤدي إلى عدم الاستفادة المثلى من الاستعدادات الوراثية للاعبين أو توجيههم بصورة غير مناسبة لقدراتهم البدنية، ومن هنا تتحدد مشكلة البحث في الحاجة إلى التعرف على الأنماط الجينية لجين ACTN3 لدى لاعبي كرة اليد، وبيان مستوى تأثيرها في القدرات الهوائية واللاهوائية، بهدف دعم عمليات الانتقاء الرياضي والتوجيه التدريبي على أسس علمية تجمع بين التحليل الجيني والقياسات الفسيولوجية.

3.1.اهداف الدراسة:

1. تحديد أنماط جين (ACTN3 RR، RX، XX) لدى عينة من لاعبي كرة اليد.
2. قياس بعض مؤشرات الطاقة الهوائية واللاهوائية لدى عينة من لاعبي كرة اليد.
3. المقارنة بين أنماط جين ACTN3 والمؤشرات الهوائية واللاهوائية للاعبي كرة اليد.

3.1.فروض الدراسة:

1. يوجد تباين بين الانماط الوراثية لجينACTN3 لدى عينة من لاعبي كرة اليد.

2. توجد فروق ذات دلالة إحصائية في بعض مؤشرات الطاقة الهوائية واللاهوائية بين الأنماط الوراثية لجين ACTN3 لدى عينة البحث.

2. منهج البحث وجراءته الميدانية:

1.2. منهج البحث: استخدم الباحث المنهج شبه التجريبي بأسلوب المقارنات بتصميم ثلاث مجموعات على أساس التصنيف الجيني للاعبين.

2.2. عينة البحث: تكون مجتمع البحث من لاعبي المركز الوطني لرعاية الموهبة في محافظة ديالى بكرة اليد للشاب البالغ عددهم (30لاعب)، وتم اختيار عينة البحث بالطريقة العشوائية والبالغ عددهم (22لاعب) وتم اجراء عملية التجانس لعينة البحث باستعمال معامل الالتواء.

جدول(1) يبين توزيع العينة وفق النمط الجيني

ت	الصورة الجيني	الرمز	الشكل الجيني	عدد اللاعبين
1	Arginine	RR	القصيرة	8
2	Stop/ Arginine	RX	المختلطة	7
3	Stop/ Stop	XX	الطويلة	7

الجدول (2) يبين تجانس عينة البحث

المتغيرات	وحدة القياس	الوسط الحسابي	الوسيط	الانحراف المعياري	معامل الالتواء
الطول	متر، سم	165.3182	166.0000	2.74966	-1.258
الكتلة	كغم	66.2273	67.5000	3.66362	-.999
العمر الزمني	سنة	13.5000	13.0000	1.05785	.133
العمر التدريبي	شهر	19.6818	20.0000	2.37820	.207

3.2. الاجهزة والادوات المستخدمة في البحث:

جهاز قياس الوزن، تيوبات لحفظ عينات الدم، حقنة(سرنجة) لسحب عينات الدم، مشدات (أربطة مطاطة). عدد1، ماء مقطر، الكت الخاص بالجين، جهاز الطرد المركزي (Center fuge) عدد1، جهاز التحليل الضوئي Skin photomete))عدد1، جهاز ال Vortex.عدد1، جهاز spectrophotometer USA(Nanodrop THERMO)).عدد1، جهاز PCR Thermocycler.عدد1، حاسبة لابتوب نوع Dell. عدد1، جهاز الترحيل الكهربائي. عدد1، مصدر الاشعة الفوق البنفسجيةU.V light source، مترونام عدد (2) ، والمترونام هو جهاز يقسم الدقيقة وفق ايقاعات صوتية معلومة وبصوت واضح يستخدمه الموسيقيين وتم الاستفادة منه بالبحث لتقسيم وضبط عدد الخطوات على الصندوق، صندوق خشبي بارتفاع 40سم عدد (2)، صندوق خشبي بارتفاع 50سم عدد (2)، صندوق خشبي بارتفاع 32سم عدد (2) .

4-2 الاختبارات والقياسات المستخدمة بالبحث:

1-4-2 اختبارات القدرات الهوائية واللاهوائية:

اولاً: اختبارات العدو (40،و50،و60) ياردة: (Radwan, 2013)

الغرض من الاختبار:

يستخدم لقياس القدرة اللاهوائية القصيرة.

- الأدوات والأجهزة اللازمة:

-ساعة إيقاف عدد (3)

-مضمار أو ملعب لكرة اليد أو القدم تخطط كما هو موضح، كذلك يجب ملاحظة: أن لا تقل مساحة الأرض الفراغ عن (25) ياردة للطول، و(10) ياردات للعرض.

- طريقة الأداء:

-يتخذ المختبر وضع البدء العالي خلف خط البداية.

-يكون هناك ثلاثة محكمين (ميقاتيين) على الخطوط :40،و50،و60.

-يقوم الميقاتي القريب بإعطاء إشارة البدء بحيث يقوم في اللحظة نفسها هو وزملاؤه بتشغيل ساعات الإيقاف.

-عندما يقطع المختبر خط ال(40) ياردة يقوم الميقاتي الأول بإيقاف ساعته وهكذا.

-يقوم كل ميقاتي بحساب الزمن الذي يستغرقه في كل اختبار.

-يعطي المختبر ثلاث محاولات على الأكثر إذا كان الفرق في الزمن بين المحاولات يزيد عن (0.20) ثانية.

-إعطاء مدة راحة بين كل محاولة من (3-5) دقائق.

-يسجل أفضل زمن من هذه المحاولات. (Radwan, 2013)

$$\text{القدرة الافقية النسبية} = \frac{\text{الوزن}}{\text{الزمن}}$$

وقد قام الباحث باختيار اختبار (50) ياردة فقط في عمله.

ثانياً: اختبار القدرة اللاكتيكية(اللاهوائية):.

- **اسم الاختبار** : اختبار الخطوة:
- **الهدف من الاختبار** : قياس القدرة اللاكتيكية(اللاهوائية)، وهذا النوع من السعة اللاهوائية التي تتراوح مدة العمل العضلي فيها ما بين(60-120)ثانية تعتمد على نظام حامض اللاكتيك وهو نظام تتميز به لعبة كرة القدم ولمعرفة القدرة اللاكتيكية(اللاهوائية)عند لاعبي كرة القدم الناشئين أختار الباحث اختبار الخطوة على الصندوق ولمدة(120)ثانية.
- **الادوات المستعملة:.**

. ميزان طبي . صندوق خشبي ارتفاع(40)سم.

. ساعة توقيت . استمارة تسجيل. مسجل . مؤقت . عداد.

- **وصف الاداء :.**

. اجراء وزن أفراد العينة.

. يعد الباحث بعمل انموذجا صحيحاً لطريقة الاداء.

. تهيئة ساعة لتوقيت البدء بالاختبار.

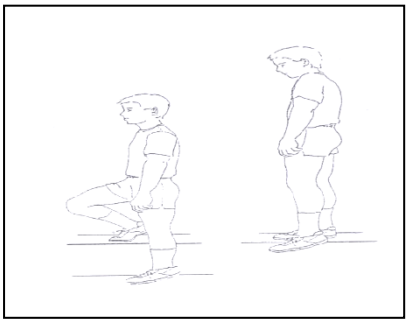
. يجب ان يكون الصعود بالرجل اليمنى أولاً ثم تتبعها اليسرى والنزول بالرجل اليمنى وتتبعها الرجل اليسرى، كما مبين بالشكل(13).

- **طريقة التسجيل:.**

. بعد الانتهاء من الاختبار يتم تسجيل عدد مرات الصعود اذ يتم حساب كل صعود كامل على الصندوق والنزول منه مرة واحدة، خلال(120)ثانية.

. يحسب الناتج في ضوء المعادلة التالية:.

القدرة اللاكتيكية اللاهوائية كغم .م .د = $\frac{\text{(وزن الجسم (0.40 ارتفاع الصندوق)×عدد الخطوات}}{\text{120 ثا}}$



الشكل(1) يوضح طريقة الاداء في اختبار الخطوة.

ثالثاً: اختبار هارفارد للخطوة: (رضوان:282:2013)

- الغرض من الاختبار:

– قياس وظائف القلب والجهاز التنفسي وتقويمها.

– قياس الحمل الدوري التنفسي وتقويمه

الأدوات والاجهزة المستخدمة:

صندوق خشبي ارتفاعه 50سم

ساعة توقيت

- طريقة الاداء:

– يؤدي الاختبار بأربع عدات: في العدة الأولى/ يضع الرياضي قدماً واحدة على الصندوق، وفي العدة الثانية ترفع القدم الأخرى وتوضع على الصندوق ويكون الرياضي واقفا منتصبا بعد هذه العدة وفي العدة الثالثة/ فإن القدم التي وضعت أولا ترجع وتلامس الأرض، وفي العدة الرابعة / فإن القدم الأخرى، ترجع وتلامس الأرض.

– عملية الصعود والهبوط تكون بمعدل (30) مرة في الدقيقة، والتي تم تقسيمها عن طريق (المترونام)، ولمدة خمس دقائق حتى في حال عدم قدرة الرياضي على الاستمرار.

– بعد الانتهاء من الاختبار يجلس الرياضي، ويبدأ الباحث بحساب النبض بعد نهاية الدقيقة الأولى في نصف دقيقة من 1د إلى 1.5 د ، ومن 2 إلى 2.5 ، ومن 3 إلى 3.5 في أثناء مدة الاستشفاء.

2-4-2 الاجراءات الخاصة بتحديد الشكل الجيني لعينة البحث:

تم تصميم البادئات (Primers) الخاصة بجين ACTN3، وبعد ذلك قام الفريق الطبي، وبحضور الباحث، بسحب عينات الدم من أفراد عينة البحث. نُقلت العينات مباشرة إلى المختبر المختص لإجراء تحليل الحمض النووي (DNA) بغرض تحديد الأنماط الجينية لجين ACTN3، وبناءً على نتائج التحليل، قُسّمت العينة إلى ثلاث مجموعات بحسب النمط الجيني:

المجموعة الأولى (RR)

المجموعة الثانية (XX)

المجموعة الثالثة (RX)

بعد تحديد الأنماط الجينية، أُجريت الاختبارات البدنية والفسيولوجية على المجموعات الثلاث بالترتيب (RR، ثم XX، ثم RX)، ومن ثم تمت المقارنة بين المجموعات الثلاث وفق نتائج تلك الاختبارات لاستخلاص الفروق والدلالات العلمية.

قام الفريق الطبي المختبري، وبحضور الباحث، **بسحب عينات الدم** من اللاعبين بتاريخ () بكمية قدرها **5ملم** لكل لاعب، وذلك لغرض التعرف على الأنماط الجينية لجين **ACTN3**تمهيدًا لتوزيعهم على مجموعاتهم وفقاً لصورهم الجينية.

استُخدمت **البادئات (Primers)** الخاصة بجين **ACTN3**للكشف عن تعدد أشكال هذا الجين باستخدام الأجهزة المخبرية المعتمدة، بدءًا من فحص **الحمض النووي (DNA)** وصولاً إلى **الترحيل الكهربائي لهلام الأكروز** لتحديد نواتج **تفاعل البلمرة المتسلسل.(PCR)**

تم تنفيذ التحليل وفق المراحل الآتية:

1. **تحضير الأجهزة والمستلزمات:** جرى تجهيز المعدات الخاصة باستخلاص الحمض النووي وفحصه، واستخدام مجموعة **(nitric oxide synthase Endothelial)**الملائمة لاستخراج الـ DNAمن الدم الطازج أو المجمد المعالج بمضاد تخثر.

   تم تجهيز البادئات الخاصة بجين **ACTN3**من شركة **Bioneer**الكورية عبر الوكيل المعتمد في العراق (شركة جسر المسيب).

2. **استخلاص الحمض النووي:(Blood DNA Extraction)**

   تم استخلاص الحمض النووي باستخدام عدة **Blood Genomic DNA Extraction Kit**من شركة **Bioneer**، وبحسب تعليمات الشركة، إذ تضمنت العملية المراحل الآتية:

   - إضافة إنزيم **Proteinase K**إلى العينة لتحليل البروتينات الخلوية.
   - خلط العينة بمحلول **GSB**باستخدام جهاز **Vortex**ثم حضانتها عند **60°C**لمدة **10 دقائق.**
   - إضافة الكحول الأثيلي وترسيب الحمض النووي باستخدام جهاز الطرد المركزي بسرعة **.(13500 rpm)**
   - غسل العينة بمحاليل **Washing buffer 1**و**2** للتخلص من الشوائب.
   - إذابة الحمض النووي بمحلول **Elution buffer**وحفظه في درجة حرارة **20°C–**لحين إجراء فحص **.PCR**

3. **فحص تركيز ونقاوة الحمض النووي:(DNA Profile)** استخدم جهاز **Nano Drop Spectrophotometer (THERMO–USA)** لقياس تركيز ونقاوة الحمض النووي عند أطوال موجية **(260/280 nm)**، إذ تُعد العينة نقية عندما تبلغ نسبة الامتصاصية **1.8.**

بعد التأكد من جودة الحمض النووي، أُجري تفاعل **PCR** لتضخيم الجين المستهدف استعداداً لتحديد أنماطه الجينية في الخطوات اللاحقة.

الخطوة الثالثة: طريقة فحص PCR:

تم إجراء تقنية PCR وذلك التحري عن جين ACTN3 في نماذج الدم للأشخاص وذلك بحسب المصادر كما في عدة خطوات :

أ. تحضير البادئات: حضرت البادئات وذلك حسب تعليمات الجهة المصنعة، حيت تذاب البادئات المتسامية مع ماء مقطر غير متأين لتكوين محلول خزين بتركيز ١٠٠ بيكو مول / مايكرو لتر ، ومن ثم تحضير تركيز البادئات ٢٠ بيكو مول/ مايكرو لتر، وتسلسل البادئات الخاصة بالجينACTN3 .

ب. تجهيز مزيج تفاعل سلسلة البلمرة**PCR master mix:** تم تحضير مزيج من تفاعل سلسلة البلمرة وذلك باستخدام عدة ال AccuPower PCR PreMix المجهزة من قبل شركة ال Bioneer الكورية وبحسب تعليمات الشركة كالاتى: –

1– تم تحضير تفاعل سلسلة البلمرة في أنابيب البي سي أر المجهزة مع العدة والحاوية على مكونات تفاعل سلسة البلمرة وأضيفت المكونات الأخرى لمزيج التفاعل وحسب تعليمات الشركة.

2– بعد أكمال تحضير مزيج سلسة البلمرة تم غلق الأنابيب ومزجت بعناية بجهاز المازج Vortex لمدة 5 ثوانٍ.

3- نقلت الأنابيب لجهاز PCRThermocycler لإجراء برنامج التفاعلPCR thermocycler Conditions.

الخطــوة الرابعة: برنامج التفاعل PCR Thermocycler conditions

تم إجراء فحص ال PCR وذلك باستخدام جهاز PCR Themocycler على البرنامج الاتي:

جدول(3) البرنامج المستخدم في جهاز PCR للتعرف على التنوع الشكلي لجين (ACTN3)

المرحلة	الزمن	درجة الحرارة	عدد الدورات
تمهيد أولي	5 دقائق	95°C	1
تفكك مزدوج	30 ثانية	95°C	35 دورة
ارتباط البادئات	30 ثانية	62°C	
استطالة	45 ثانية	72°C	
استطالة نهائية	5 دقائق	72°C	1

الخطوة الخامسة: الترحيل الكهربائي الهلامي Gel electrophoresis

تم تنفيذ عملية الترحيل الكهربائي للهلام باستخدام مادة هلام الأكروز (Agarose Gel) بنسبة 1.5%، وهي مادة بوليمرية مكوّنة من سلاسل من السكريات المتعددة ترتبط بروابط هيدروجينية لتشكيل شبكة دقيقة تُستخدم لفصل مقاطع الحمض النووي (DNA) بحسب أحجامها.

تم إجراء الخطوات الآتية:

1. أُذيب 1.5 غرام من مادة Agarose في 100 مل من محلول TBE Buffer بتركيز (X1)، باستخدام الصفيحة الحرارية الهزازة الممغنطة (Magnetic Hot Plate Stirrer) لمدة 15 دقيقة.
2. تُرك الهلام ليبرد إلى درجة حرارة الغرفة، ثم أضيفت إليه صبغة Ethidium Bromide الخاصة بتلوين الحمض النووي، ومزج جيداً.
3. صُب الهلام في قالب الترحيل (Tray) المثبت فيه المشط (Comb) لتكوين الفتحات المخصصة للعينات، ثم تُرك حتى يتصلب عند درجة حرارة الغرفة.
4. وُضعت نواتج تفاعل PCR في الفتحات المخصصة داخل الهلام، في حين وُضع في إحداها السلم الجزيئي (DNA Ladder) كمؤشر لحجم المقاطع.
5. وُضع الهلام في حوض الترحيل الكهربائي وغُمر بمحلول (TBE Buffer 1X)، ثم شُغِّل الجهاز بجهد 100 فولت وتيار 80 مللي أمبير لمدة ساعة واحدة.
6. بعد اكتمال الترحيل، تم فحص الهلام باستخدام مصدر الأشعة فوق البنفسجية (UV Light Source) لتحديد نواتج التفاعل (PCR Product) ومقارنة أحجامها مع السلم الجزيئي لتحديد النمط الجيني لكل عينة.

وبهذه الإجراءات تم تحديد الأنماط الجينية للاعبين، وتقسيمهم إلى المجموعات الثلاث (RR، RX، XX)، لتجري بعد ذلك الاختبارات البدنية والفسيولوجية الخاصة بالدراسة والمقارنة فيما بينهم.

2.6. التجربة الاستطلاعية:

أُجريت التجربة الاستطلاعية في تمام الساعة التاسعة صباحًا من يوم السبت الموافق 2025/10/4 في القاعة المغلقة في بعقوبة/ نادي ديالى الرياضي، على عينة قوامها (8)لاعبين من مجتمع البحث، وذلك بهدف التأكد من الجوانب العلمية والإجرائية قبل تنفيذ التجربة الأساسية.

وتمثلت أهداف التجربة الاستطلاعية بما يأتي:

1. التأكد من صلاحية أماكن الاختبار وملاءمتها للإجراءات التطبيقية من حيث المساحة والسلامة والظروف البيئية.
2. اختبار مدى فهم المشاركين لتعليمات وإرشادات تنفيذ الاختبارات لضمان دقة الأداء وصدق النتائج.
3. تقدير كفاءة فريق العمل المساعد وتوزيع المهام بينهم بشكل منظم ومتناسق مع متطلبات البحث.
4. تحديد الزمن الكلي والجزئي اللازم لتنفيذ الاختبارات وتقدير المدة الزمنية المثلى لكل اختبار على حدة.
5. تهيئة وتدريب الفريق المساعد على آليات التنفيذ وتوحيد إجراءات القياس بما يضمن ثبات النتائج.

وأسفرت التجربة الاستطلاعية عن نجاح إجراءات التطبيق العملي وسلامة تصميم الاختبارات وملاءمتها لعينة البحث، كما أظهرت تفهم المشاركين لتعليمات الأداء ووضوح بروتوكولات القياس. ولم تُسجل أي معوقات جوهرية، باستثناء بعض التعديلات الطفيفة في تنظيم الوقت وتسلسل الاختبارات لضمان الانسيابية والدقة في التنفيذ، وبناءً على نتائج التجربة الاستطلاعية، تم اعتماد الإجراءات بصيغتها النهائية لتطبيقها في التجربة الرئيسة.

8.2. التجربة الرئيسية:

بعد التأكد من سلامة جميع الخطوات التحضيرية وصحة إجراءات التجربة الاستطلاعية، تم تنفيذ **التطبيق الميداني** على عينة البحث وذلك في يومي الاربعاء والخميس الموافق (8–2025/10/9) في القاعة المغلقة في بعقوبة/ نادي ديالى الرياضي، وبإشراف الباحث والفريق الطبي والفني المساعد. وقد تضمنت الإجراءات الميدانية الخطوات الآتية:

1. **تهيئة العينة وتجهيز المكان:**
   - تم تبليغ أفراد العينة بمواعيد التنفيذ والتعليمات الخاصة بكل اختبار مسبقًا.
   - جرى التأكد من خلو المشاركين من أي إصابات أو أمراض قد تؤثر في الأداء الفسيولوجي.
   - تمت تهيئة القاعة والمختبرات والأجهزة المستخدمة.
2. **معايرة الأجهزة وضبط ظروف الاختبار:**
   - تم فحص ومعايرة جميع الأجهزة والأدوات قبل بدء التطبيق لضمان دقة القياسات.
   - جرى ضبط الظروف البيئية (درجة الحرارة، الرطوبة، التهوية) بما يتناسب مع متطلبات القياسات الفسيولوجية.
   - **تنظيم العمل الميداني:**
   - قُسّمت فرق العمل إلى مجموعات (الفريق الطبي، الفريق الفني، الباحث المشرف، المساعدون).
   - تم توحيد آلية تسجيل البيانات وتوثيقها باستخدام استمارات قياس معتمدة مسبقًا.
3. **سحب العينات وتحليل الجينات:**

اليوم الأول :في يوم الاربعاء (2025/10/8) تم سحب عينات الدم (5 مل) من أفراد العينة من قبل الفريق الطبي المختبري، ونقلت إلى مختبر الفسيولوجيا لتحليل **الحمض النووي (DNA)** وتحديد الأنماط الجينية لجين **ACTN3**باستخدام تقنيات.(DNA Extraction – PCR – Gel Electrophoresis) ، بناءً على نتائج التحليل، قُسّمت العينة إلى ثلاث مجموعات وفق النمط الجيني.(RR – RX – XX) :

4. **إجراء الاختبارات البدنية والفسيولوجية:**

اليوم الثاني :في يوم الخميس (2025/10/9) أُجريت اختبارات **القدرات الهوائية واللاهوائية** للعينة وفق البروتوكول القياسي المعتمد.

- تضمنت القياسات:
  - **مؤشرات الطاقة الهوائية.**

- **مؤشرات الطاقة اللاهوائية.**

5. **تسجيل وتحليل البيانات:**

- تم جمع جميع القراءات والنتائج في سجلات ميدانية إلكترونية ورقية، مع ترميز المشاركين لضمان السرية العلمية.
- نُقلت البيانات لاحقًا إلى برنامج التحليل الإحصائي (SPSS) لإجراء التحليل الوصفي والمقارن بين الأنماط الجينية.

6. **ضبط العوامل المرافقة:**

- طُلِب من أفراد العينة الامتناع عن تناول المنبهات أو المكملات الغذائية قبل 24 ساعة من الاختبارات.
- أُجريت جميع القياسات في الفترة الصباحية بين الساعة (9:00 – 11:00) لضمان ثبات الإيقاع الحيوي.

10.2. الوسائل الاحصائية: استخدم الباحثون الحقيبة الإحصائية (SSPS) لمعالجة النتائج.

3.عرض وتحليل ومناقشة النتائج.

3-1 عرض نتائج القدرات الهوائية واللاهوائية بين انماط الشكل الجيني:

الجدول (4) يبين الاوساط الحسابية والانحرافات والاخطاء المعيارية لاختبار القدرات الهوائية واللاهوائية للمجموعات الثلاث لعينة البحث

المتغيرات	المجموعات	النمط الجيني	وحدة القياس	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري
القدرة اللاهوائية	المجموعة الاولى	RR	كغم/ث	11.6125	.16680	.05897
	المجموعة الثانية	XR		12.0157	.10907	.04122
	المجموعة الثالثة	XX		12.7614	.16036	.06061
القدرة اللاكتيكية (اللاهوائية).	المجموعة الاولى	RR	كغم.م.د	9.5263	.27531	.09734
	المجموعة الثانية	XR		11.0329	.27974	.10573
	المجموعة الثالثة	XX		10.1529	.46618	.17620
القدرة الهوائية	المجموعة الاولى	RR	ث/مج دقات القلب	46.1888	.39614	.14006
	المجموعة الثانية	XR		46.7000	.25265	.09549
	المجموعة الثالثة	XX		47.6543	.75372	.28488

يبين الجدول (4) الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية والأخطاء المعيارية لاختبارات القدرات الهوائية واللاهوائية للمجاميع الثلاث لعينة البحث، والمصنفة وفق الأنماط الجينية لجين (ACTN3 RR، RX، XX)، يتضح من القيم أن أفراد المجموعة الثالثة (XX) قد سجلوا أعلى متوسط في القدرة اللاهوائية، في حين تفوقت المجموعة الثانية (XR) في القدرة اللاكتيكية (اللاهوائية) مقارنة بالمجموعتين الأخريين، بينما أظهرت المجموعة الثالثة (XX) تفوقًا نسبيًا في القدرة الهوائية.

الجدول (5) يبين الفروق بين المجموعات الثلاث لا لاختبار القدرات الهوائية واللاهوائية للمجموعات الثلاث قيد البحث وقيم (F) ونسبة الخطأ

المتغيرات	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	F	Sig.
القدرة اللاهوائية	بين المجاميع	5.013	2	2.506	113.268	.000
	داخل المجاميع	.420	19	.022		
	المجموع	5.433	21			
القدرة اللاكتيكية (اللاهوائية).	بين المجاميع	8.502	2	4.251	35.055	.000
	داخل المجاميع	2.304	19	.121		
	المجموع	10.806	21			
القدرة الهوائية	بين المجاميع	8.161	2	4.080	15.854	.000
	داخل المجاميع	4.890	19	.257		
	المجموع	13.051	21			

نلحظ من الجدول(5) أنَّ قيمة (F) المحسوبة ونسبة الخطأ لاختبار القدرات الهوائية واللاهوائية للمجموعات الثلاث إذ أظهرت فروقا معنوية عند مستوى دلالة (0.05) وهذا يدل على وجود فروق معنوية بين المجاميع الثلاث، وللتعرّف إلى

حقيقة هذه الفروق بين المجاميع الثلاث للمتغيرات قيد البحث، ولمعرفة أي المجاميع أفضل لهذه المتغيرات تم استخدام قانون (L.S.D) وهو أقل فرق معنوي وكما مبين في الجدولين(6)

الجدول (6) يبين نتائج (L.S.D) لاختبارات المجاميع الثلاثة القدرات الهوائية واللاهوائية

المتغيرات	المجموعات	Mean Difference (I−J)	Std. Error	Sig.	الدلالة
القدرة اللاهوائية	المجموعة الاولى RR + المجموعة الثانيةXR	−.40321*	.07699	.000	معنوي لمصلحة المجموعة الاولى RR
	المجموعة الاولى RR + المجموعة الثالثةXX	−1.14893*	.07699	.000	معنوي لمصلحة المجموعة الثالثة RR
	المجموعة الثانيةXR + المجموعة الثالثةXX	−.74571*	.07951	.000	معنوي لمصلحة المجموعة الثانية XR
القدرة اللاكتيكية (اللاهوائية).	المجموعة الاولى RR + المجموعة الثانيةXR	−1.50661*	.18023	.000	معنوي لمصلحة المجموعة الثانية RR
	المجموعة الاولى RR + المجموعة الثالثةXX	−.62661*	.18023	.003	معنوي لمصلحة المجموعة الثالثة RR
	المجموعة الثانيةXR + المجموعة الثالثةXX	.88000*	.18614	.000	معنوي لمصلحة المجموعة الثانية XR
القدرة الهوائية	المجموعة الاولى RR + المجموعة الثانيةXR	−.51125	.26256	.049	معنوي لمصلحة المجموعة الثانية RR
	المجموعة الاولى RR + المجموعة الثالثةXX	−1.46554*	.26256	.000	معنوي لمصلحة المجموعة الثالثة RR
	المجموعة الثانيةXR + المجموعة الثالثةXX	−.95429*	.27117	.002	معنوي لمصلحة المجموعة الثالثة XR

يوضح الجدول (6) نتائج اختبار (L.S.D) لأقل فرق معنوي بين المتوسطات، والذي حدد الاتجاه الدال للفروق بين المجموعات الثلاث كما يأتي:

في اختبار القدرة اللاهوائية أظهرت فروقًا معنوية لمصلحة المجموعة RR مقارنة بالمجموعتين الأخريين، وهو ما يشير إلى أن هذا النمط الجيني يمتلك تفوقًا في توليد الطاقة عبر المسار الفوسفاجيني السريع (ATP-PC System)، نتيجة ارتفاع نسبة ألياف العضلات السريعة (Type IIx).

اما في اختبار القدرة اللاكتيكية (اللاهوائية) سجلت فروقًا معنوية لمصلحة المجموعة RX، مما يدل على أن الأفراد الذين يمتلكون النمط الهجين يجمعون بين خصائص التحمل الجزئي والقدرة العالية على الأداء اللاهوائي، أي أنهم يتمتعون بتوازن في كفاءة الأنظمة الطاقة اللاهوائية والهوائية.

في حين ان القدرة الهوائية وجدت فروق معنوية لمصلحة المجموعة XX مقارنة بالمجموعتين (RR، RX)، حيث حقق أفرادها معدلات أفضل في اختبار التحمل الهوائي. ويُعزى ذلك إلى ارتفاع كفاءة الألياف العضلية البطيئة (Type I) لدى حاملي النمط الجيني XX، مما يعزز من فعالية نظام الطاقة الهوائي (Aerobic System) لديهم.

تُظهر هذه النتائج انسجامًا واضحًا مع ما أشارت إليه الدراسات الجينية السابقة التي بينت أن جين ACTN3 يلعب دورًا محوريًا في تحديد طبيعة الألياف العضلية، وبالتالي يؤثر في مستوى الأداء البدني تبعًا لنوع الجهد المبذول ففي النمط RR يرتبط غالبًا بالأداء العالي في الأنشطة السريعة والمتفجرة، مثل الجري السريع والقفز والقدرات اللاهوائية العالية، نظرًا لتواجد بروتين α-actinin-3 في ألياف العضلات السريعة، أما النمط XX، فيتميز بغياب هذا البروتين، ما يجعل العضلات أكثر كفاءة في استخدام الأوكسجين وإنتاج الطاقة عبر المسار الهوائي، وهو ما ينعكس إيجابًا في التحمل والأداء المستمر طويل

الأمد، بينما يُعد النمط RX حالة وسطية تمثل تكاملاً بين خصائص النمطين، مما يفسر تفوقه في اختبارات القدرة اللاكتيكية التي تجمع بين العمل الهوائي واللاهوائي.

وعليه، فإن هذه النتائج تدعم الفرضية القائلة بأن الاختلاف في أنماط الجين ACTN3 يسهم في تباين القدرات الهوائية واللاهوائية لدى لاعبي كرة اليد، مما يؤكد أهمية إدماج التحليل الجيني في الانتقاء الرياضي والتوجيه التدريبي التخصصي.

واشار (Eynon, E. Hanson,2013) الى ان جين ACTN3 يعتبر من أكثر الجينات ارتباطًا بوظيفة العضلات والأداء الرياضي، خاصة في الأنشطة التي تتطلب القوة والانفجار العضلي، لكنه لا يُمثل سوى جزء واحد من لوحة معقدة تضم مكونات وراثية وبيئية متعددة.(Eynon, E. Hanson,2013,815)

ويذكر (Eric P. Hoffman & Claude Bouchard;2018) ان الأدلة الوراثية تشير إلى أن تعدد الأشكال الجيني ACTN3 R577X يؤثر بشكل واضح على الأداء الرياضي، لا سيما في الأنشطة التي تتطلب القوة والسرعة، فقد أظهرت الدراسات أن نقص بروتين α-actinin-3 (كما في النمط الجيني XX) يرتبط بأداء منخفض في رياضات القوة والسرعة، مقارنةً بالأفراد الحاملين للنمطين RR وRX. كما بينت التحليلات أن معدل تكرار النمط XX أقل بكثير بين الرياضيين النخبة في هذه الأنشطة، وأن له تأثيرًا سلبيًا على الوظيفة العضلية السريعة، وفي المقابل، فإن وجود البروتين (كما في النمط RR) يُعد مطلوبًا للأداء الأمثل للألياف العضلية السريعة، مما يمنح الرياضيين ميزة في أنشطة العدو والانفجار العضلي، ووفقًا لذلك، يُدرج جين ACTN3 R577X ضمن قائمة العوامل الوراثية المرشحة للتأثير على الأداء الرياضي.(Eric P. Hoffman & Claude Bouchard;2018,812)

وقد اشار (Nunes, J. P., Ceylan, H. İ;2024) الى ان تعدد الأشكال الجيني ACTN3 R577X يرتبط بالأداء الرياضي، لا سيما في الأنشطة التي تتطلب القوة العضلية، والقدرة، والسرعة، وقد أظهرت الدراسة وجودًا ملحوظًا للأليل R577 بين رياضيي العُشاري، مما يشير إلى إمكانية تأثيره الإيجابي في الأداء الرياضي لدى هذه الفئة من الرياضيين.(Nunes, J. P., Ceylan, H. İ;2024)

اشار (Shidong, 2023) الى ان النمط الجيني RX، فيُعد شائعًا أيضًا بين الرياضيين وقد يُوفّر بعض الفوائد، لكن بدرجة أقل من نمط RR في مجال نظام الطاقة الفوسفاجيني، في المقابل، فإن النمط XX، الذي يؤدي إلى غياب بروتين α-actinin-3، يُسجّل بنسبة أقل بين رياضيي النخبة في رياضات القوة، ويرتبط بمستويات أقل في القدرة العضلية الانفجارية، و يُظهر الارتباط الإيجابي في التحمل الهوائي لدى بعض الحالات.

وبشكل عام، تؤثر أنماط جين ACTN3 في وظيفة العضلات والإمكانات البدنية للرياضي، إلا أن تأثيرها معتدل ويتفاعل مع عوامل وراثية وبيئية أخرى، مما يعني أنه لا يوجد نمط جيني واحد يمكن اعتباره مؤشرًا قاطعًا على التفوق الرياضي.(V. O. Silvino, C. P.;2025)

وقد أشارت الدراسات إلى وجود ارتباط سلبي بين النمط الجيني XX لنقص α-actinin-3 وأداء العضلات السريعة والانقباض القوي، حيث لوحظ أن الأشخاص الذين يمتلكون هذا النمط الجيني لديهم أداء عضلي أقل في الأنشطة التي تتطلب قوة وسرعة، مع احتمالية تأثر سماتهم البدنية بذلك، في حين بيّنت بعض الدراسات الحاجة إلى المزيد من البحث لفهم تأثير الطفرة R577X على مختلف الفئات السكانية ووجود فروق بين الجنسين في هذا الصدد، كما ان تركيب α-actinin-3، هو بروتين هيكلي يوجد في عضلات الانقباض السريع ويتكون من وحدات مكررة وخطوط دقيقة تثبت خيوط الأكتين في خط Z، وله دور رئيسي في الحفاظ على بنية اللوبيفات العضلية وتنظيمها.(Eric & Claude,2018)

4.الاستنتاجات والتوصيات :

أولًا: الاستنتاجات

1. أظهرت النتائج وجود فروق معنوية واضحة بين الأنماط الجينية الثلاثة لجين ACTN3 (RR، RX، XX) في مؤشرات القدرات الهوائية واللاهوائية لدى لاعبي كرة اليد.
2. يؤثر النمط الجيني لجين ACTN3 في تباين الأداء البدني والفسيولوجي لدى اللاعبين.
3. تفوق النمط الجيني (RR) في القدرة اللاهوائية القصوى، ويُعزى ذلك إلى كفاءة النظام الفوسفاجيني وارتفاع نسبة الألياف العضلية السريعة .(Type IIx)
4. يتميز النمط الجيني (RX) بقدرة لاكتيكية متوازنة تجمع بين النظامين الهوائي واللاهوائي، مما يجعله ملائمًا للأنشطة الرياضية التي تتطلب سرعة وتحملًا متوسط المدة مثل كرة اليد.
5. أظهر النمط الجيني (XX) تفوقًا في القدرة الهوائية، ويرتبط ذلك بارتفاع نسبة الألياف العضلية البطيئة (Type I) وكفاءة استخدام الأوكسجين في إنتاج الطاقة.
6. تشير النتائج إلى أن الخصائص الجينية لجين ACTN3 تُعد أحد العوامل المؤثرة في تحديد نوع القدرات البدنية المميزة لدى الرياضيين.
7. لا يعد النمط الجيني عاملًا حاسمًا منفردًا في تحديد مستوى الأداء الرياضي، بل يتفاعل مع التدريب البدني والتكيفات الوظيفية المكتسبة.
8. يمكن للتدريب المنظم والموجه أن يسهم في تحسين كفاءة الأداء البدني لدى اللاعبين مهما اختلف نمطهم الجيني، ضمن حدود الاستعداد الوراثي.

ثانيًا: التوصيات

1. اعتماد التحليل الجيني لجين ACTN3 كأحد المؤشرات المساعدة في عمليات الانتقاء الرياضي للاعبي كرة اليد والألعاب الجماعية.
2. الاستفادة من نتائج التحليل الجيني في تحديد الاتجاه التدريبي الأنسب للاعبين (القوة – السرعة – التحمل).
3. تصميم برامج تدريبية متخصصة تراعي الفروق الفردية الجينية بين اللاعبين بهدف تطوير القدرات البدنية بصورة أكثر فاعلية.
4. توظيف التحليل الجيني في مراحل الانتقاء المبكر للناشئين لتوجيههم نحو الألعاب أو المراكز التي تتناسب مع خصائصهم الجينية والوظيفية.
   - تشجيع الباحثين على إجراء دراسات مستقبلية تتناول جينات أخرى مرتبطة بالأداء الرياضي مثل ACE, PPARA, UCP2 وذلك بهدف توسيع قاعدة البيانات الجينية الخاصة بالرياضيين.
5. ضرورة دمج التحليل الفسيولوجي مع التحليل الوراثي في البحوث التطبيقية في مجال التربية البدنية وعلوم الرياضة.
6. التأكيد على أهمية التكامل بين الاختبارات الجينية والاختبارات الميدانية عند تقييم القدرات البدنية.
7. عدم الاعتماد على التحليل الجيني منفردًا في التنبؤ بالأداء الرياضي، بل استخدامه ضمن منظومة تقييم شاملة تشمل التدريب والقياسات الفسيولوجية والبدنية.

References

Abdulla, I. O. (2025). the The effect of SAQ trainings in developing some anaerobic abilities and basic skills of table tennis players. *Journal of Studies and Researches of Sport Education*, *35*(3), 102–113. https://doi.org/10.55998/jsrse.v35i3.998

de Souza Silva, G. T., Stefanello, J. M. F., & do Amaral Machado, T. (2025). Impact of age, practice time, time on the team and gender on self-efficacy of volleyball athletes. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, (69), 240–249.

Hussein, D. R., & Khaled, A. A. (2024). The effect of a functional training curriculum according anaerobic energy systems with and without intermittent fasting on a number of physical variables for those who like general health. *Journal of Studies and Researches of Sport Education*, *34*(4), 774–791.

Hussein, D. R., & Khaled, A. A. (2025). The effect of a functional training program based on anaerobic energy systems on several functional variables and body compositions of health-conscious individuals with or without intermittent fasting. *Journal of Sports Education Studies and Research*, *35*(1), 450–468.

Khazaal, H. N. (2025). The effect of high-intensity physical effort on anaerobic capacity, physical recovery, blood sugar level, and complex offensive performance speed for soccer players aged 17-19 years. *Journal of Sports Education Studies and Research*, *35*(1), 601–614.

Lin, Y., Wu, Z., & Zhang, L. (2024). Optimization of Table Tennis Players' Technical Movements based on Genetic Algorithm. *International Journal of Multiphysics*, *18*(3).

Muhammad Al-galabi, N. M. (2024). The effect of a recreational sports program for women On some physical and physiological variables and the performance of aerobic gymnastics. *Journal of Studies and Researches of Sport Education*, *34*(2), 273–294. https://doi.org/10.55998/jsrse.v34i2.506

Abd Al-Fattah, A. A. (2003). Physiology of training and sport (1st ed.). Cairo: Dar Al-Fikr Al-Arabi.

Eynon, N., Hanson, E., Lucia, A., Houweling, P., Garton, F., North, K., & Bishop, D. (2013). Genes for elite power and sprint performance: ACTN3 leads the way. Sports Medicine, 43, 803–817. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0059-4

Hoffman, E. P., & Bouchard, C. (2018). Genetic and molecular aspects of sports performance (Vol. 18). International Olympic Committee Medical Commission Encyclopedia of Sports Medicine (K. Y. Filali, Trans.). Riyadh: King Saud University Press.

Kadhim, A. J. (2005). The use of two training methods to develop strength endurance and performance endurance and their effects on some functional and skill variables of junior soccer players (Unpublished master's thesis). University of Baghdad, College of Physical Education.

Miah, A. (2004). Genetically modified athletes: Biomedical ethics, gene doping and sport. London: Routledge.

Nunes, J. P., Ceylan, H. İ., de Almeida-Neto, P. F., Murawska-Ciałowicz, E., Bragazzi, N. L., & de Assis, G. G. (2024). The influence of the ACTN3 R577X genotype on performance in national-level decathlon athletes. https://doi.org/10.20944/preprints202412.2485.v1

Radwan, M. N. A., & Hamdan, K. B. (2013). Physiological measurements in the field of sport. Cairo: Markaz Al-Kitab for Publishing and Distribution.

Silvino, V. O., Ferreira, C. P., Apaza, H. M., de Souza-Junior, V. S., Ribeiro, S. L., Almeida, S. S., & Dos Santos, M. A. P. (2025). The frequency of the ACTN3 polymorphism in Brazil: A systematic review and meta-analysis. BMC Medical Genomics, 18. https://doi.org/10.1186/s12920-025-02136-1

Yang, S., Lin, W.-H., Jia, M., & Chen, H. (2023). Association between ACE and ACTN3 gene polymorphisms and athletic performance in elite and sub-elite Chinese youth male football players. PeerJ, 11. https://doi.org/10.7717/peerj.14893