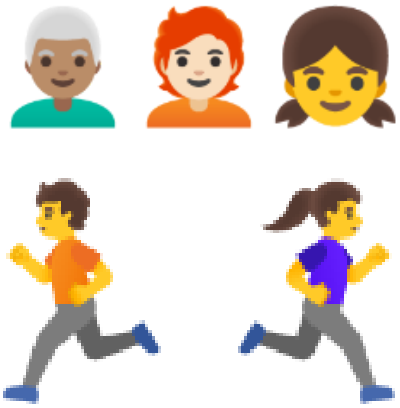
الجامعة المستنصرية

كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

الدراسات العليا / الدكتوراه

العوامل المؤثرة على التكيف الوظيفي

(العمر ،الجنس ،الوراثة)



أ. د اخلاص حسين دحام **أ. د غصون فاضل هادي**

2025

1 - (Age) : العمر

العمر له تأثير كبير ومباشر على التكيفات الفسيولوجية للجسم — سواء كانت تكيفات عضلية، قلبية، تنفسية، أو هرمونية ،اذ مع تقدم العمر تقل قدرة الجسم على إحداث هذه التغيرات بالسرعة أو القوة نفسها كما في مرحلة الشباب إذ يكون :

- الأطفال والمراهقون: لديهم مرونة تكيفية عالية في الجهاز العصبي أكثر من العضلي

- الشباب (18–35 سنة): أعلى قدرة على اكتساب التكيف العضلي والقلبي والهرموني

- كبار السن (40 سنة فما فوق): تقل القدرة على التكيف، لكن التدريب المنتظم يحد من التراجع

التكيفات العضلية والهيكلية

- (Sarcopenia) تناقص الكتلة العضلية

بعد سن 30 تقريبًا، يبدأ الجسم بخسارة تدريجية في الكتلة العضلية بنسبة 1–2% سنويًا، خصوصًا في الألياف السريعة (Type II).

- انخفاض القوة والانقباض العضلي:

يقل عدد الوحدات الحركية النشطة وكفاءة النقل العصبي العضلي

الاستجابة للتدريب: -
رغم التراجع، يمكن للتمارين المنتظمة (وخاصة المقاومة) أن تُبقي أو حتى تُحسّن القوة والكتلة العضلية عند كبار السن

التكيفات القلبية الوعائية

- (HRmax) انخفاض الحد الأقصى لضربات القلب
يقل بمعدل 1 ضربة/دقيقة تقريبًا كل سنة بعد عمر 25

- قدرة القلب على ضخ الدم (Stroke Volume) انخفاض حجم الدم في الضربة الواحدة

- VO_2max انخفاض الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين
ينخفض بنسبة 5–10% لكل عقد من العمر إذا لم يُمارس الشخص النشاط البدني

لكن: التدريب الهوائي المنتظم يقلل هذا التراجع ويُحافظ على كفاءة القلب والأوعية

التكيفات التنفسية

- انخفاض مرونة الرئتين وتناقص عدد الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلات الهوائية

- انخفاض السعة الحيوية (Vital Capacity) وزيادة حجم الهواء المتبقي.

الاستجابة للتمارين: تبقى موجودة لكن تكون أقل من الشباب، ومع ذلك التدريب يحافظ على كفاءة التبادل الغازي.

الاستجابات الهرمونية

- انخفاض إفراز هرمون النمو والتستوستيرون مع التقدم بالعمر (GH).

- تراجع في الحساسية للأنسولين وارتفاع احتمالية تراكم الدهون

لكن: النشاط البدني المنتظم (خصوصًا تمارين المقاومة) يساعد على تحفيز إفراز الهرمونات البنائية وتحسين الحساسية للأنسولين.

الدماغ والجهاز العصبي

- انخفاض سرعة النقل العصبي وردود الأفعال

- ضعف في التحكم الحركي والتوازن

التدريب المنتظم (خصوصًا التمارين الحركية المعقدة والتمارين الهوائية) يحفّز اللدونة العصبية (Neuroplasticity) ويحافظ على الذاكرة والتنسيق الحركي.

مقارنة بين الرياضي وغير الرياضي عبر مراحل العمر

الجهاز	رياضي شاب	غير رياضي شاب	رياضي متقدم بالعمر	غير رياضي متقدم بالعمر
القلب	حجم أكبر، HR أقل، SV أعلى	طبيعي	كفاءة مرتفعة نسبيًا	انخفاض ملحوظ
العضلات	كتلة عالية، ألياف سريعة فعالة	متوسطة	احتفاظ نسبي بالقوة	ضعف وساركوبينيا
التنفس	تهوية فعالة وVO_2max مرتفع	متوسط	انخفاض بسيط	انخفاض واضح
الهرمونات	توازن بنائي مرتفع	عادي	تراجع طفيف	انخفاض كبير
العصبي	سرعة استجابة عالية	معتدلة	احتفاظ جيد بالتنسيق	بطء في الاستجابة

الاستنتاجات :

- التقدم بالعمر لا يعني فقدان القدرة على التكيف، بل يقلّ معدل التغير فقط
- التدريب المنتظم يحافظ على وظائف القلب والعضلات حتى في عمر متقدم
- الرياضيون يظهرون تكييفات أفضل واستجابات أسرع مقارنة بغير الرياضيين من نفس العمر

2- الجنس

(الذكر والأنثى) يؤثر بشكل واضح على التكيفات الوظيفية والفسيولوجية الناتجة عن التدريب، بسبب الاختلافات:

1- الهرمونية بين الجنسين.

2- التركيبية بين الجنسين.

3- الوظيفية بين الجنسين.

التكيف الوظيفي يعني التحسن في كفاءة أجهزة الجسم (القلب، العضلات، التنفس، الهرمونات) نتيجة التدريب المنتظم.

لكنّ الذكور والإناث لا يتكيفون بالمعدل نفسه بسبب فروقات بيولوجية تؤثر على:

- تكوين العضلات والدهون
- الهرمونات المسيطرة
- آلية إنتاج الطاقة
- توزيع الدم واستهلاك الأوكسجين

الفروقات العضلية والهيكلية :

العامل	الذكور	الإناث
الكتلة العضلية	أكبر بنسبة 30–40%	أقل، مع نسبة دهون أعلى
الألياف العضلية	ألياف سريعة (Type II) أكثر	ألياف بطيئة (Type I) أكثر

أقل بـ 25–30%	أعلى نسبيًا	القوة القصوى
زيادة تدريجية أقل في الحجم ولكن مشابهة في التحمل	زيادة سريعة في القوة والكتلة	الاستجابة للتدريب المقاوم

- التفسير: هرمون التستوستيرون لدى الذكور يعزز التضخم العضلي (Hypertrophy)، بينما لدى الإناث يزداد التحمل العضلي بفضل كفاءة استخدام الأوكسجين في الألياف البطيئة.

الفروقات القلبية الوعائية :

الإناث	**الذكور**	**العامل**
أصغر	أكبر	حجم القلب
أقل	أعلى	السعة القذفية (Stroke Volume)
أعلى قليلًا	أقل	معدل ضربات القلب أثناء الراحة
أقل بسبب انخفاض الهيموغلوبين وسعة الدم	أعلى بنسبة 15–25%	القدرة الهوائية (VO_2max) (القصوى)

- لكن مع التدريب:

- بنسبة مماثلة نسبيًا كلا الجنسين يتحسنان في VO_2max

- الأنثى قد تصل إلى نفس النسبة المئوية من التحسّن رغم أن القيمة المطلقة أقل

الفروقات التنفسية :

- الذكور يمتلكون رئتين أكبر وسعة حيوية أعلى

- الإناث لديهن نسبة أعلى من التهوية بالنسبة للوزن

.أثناء الجهد العالي، النساء أكثر مقاومة لارتفاع الحموضة بسبب اعتماد أكبر على الأكسدة الهوائية

الفروقات الهرمونية :

الذكور

تركيز أعلى لهرمون التستوستيرون ← نمو عضلي سريع، وزيادة في كريات الدم الحمراء، وتحفيز إفراز الإريثروبويتين (EPO).

الإناث

- تأثيرات الإستروجين والبروجستيرون تشمل

- .حماية القلب والأوعية من التصلب

- .تحسين أكسدة الدهون كمصدر للطاقة أثناء التمارين الطويلة

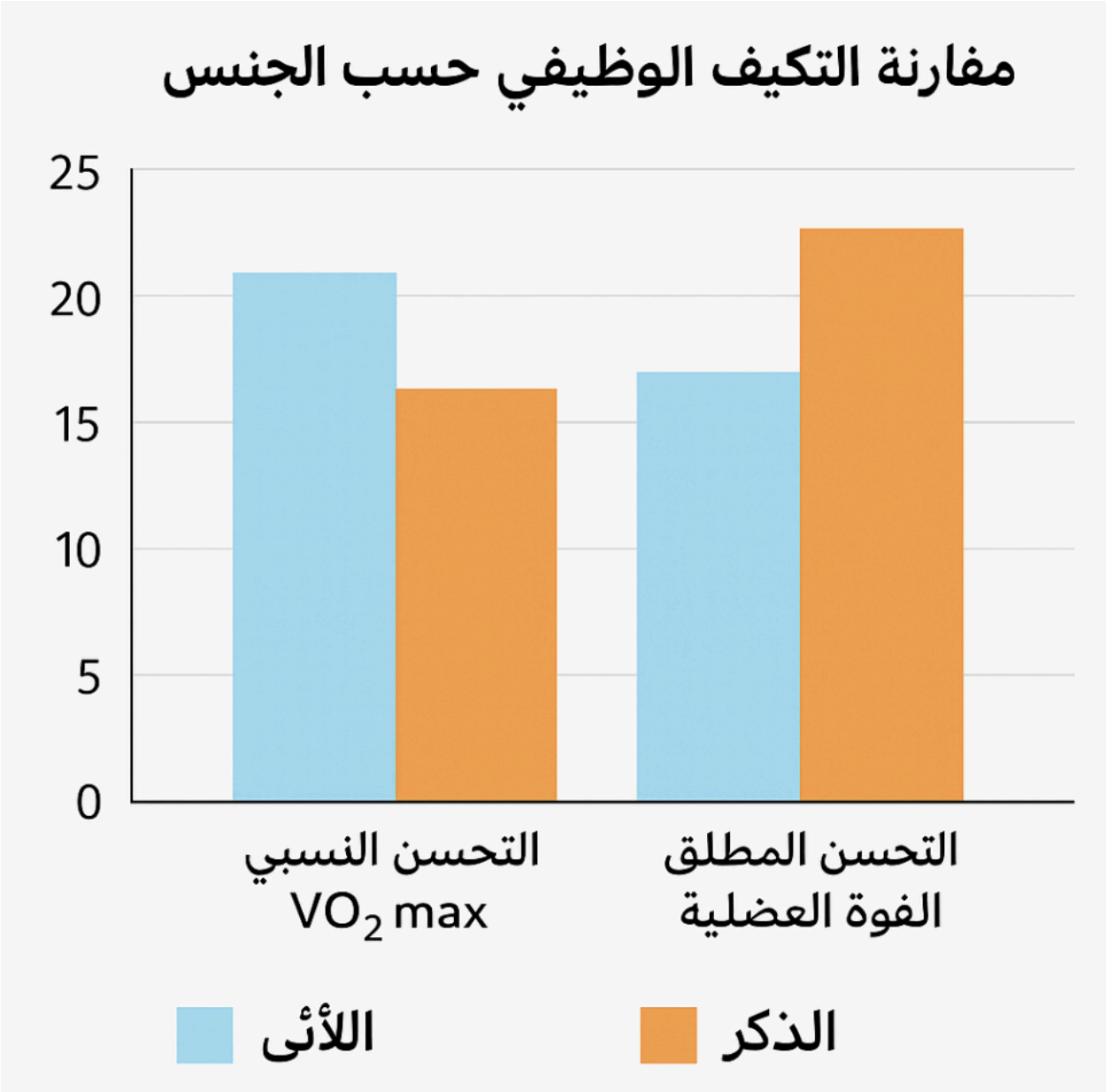
تغيّرات في الأداء عبر الدورة الشهرية (أعلى قدرة هوائية في الطور الجريبي

الجهاز العصبي و التكيف العصبي :

- الذكور يُظهرون زيادة سريعة في القوة بسبب تحفيز أعلى للوحدات الحركية

- الإناث تُظهر تكيفًا عصبيًا أفضل في التحكم الحركي والدقة

- كلا الجنسين يكتسبان تحسّنًا في الكفاءة العصبية مع التدريب المنتظم



3 - الوراثة :

لعبت الوراثة والجينات دورًا محوريًا في تحديد قدرة الإنسان على الاستجابة للتمارين الرياضية والتكيف الفسيولوجي الناتج عنها. فالتدريب لا يخلق القدرات من العدم، بل يُفعل الإمكانيات الكامنة التي حددتها الجينات. ومع التقدم في علوم الجينوم البشري أصبح بالإمكان تفسير الفروق الفردية في الأداء الرياضي

والتحمل والقوة والسرعة من منظور وراثي دقيق ،فالتفاعل بين العوامل الوراثية (Genetic factors) والعوامل البيئية (Environmental factors) يحدد مدى استجابة الجسم للتدريب، وسرعة تطور الأداء، وحدود الإنجاز الرياضي الممكن الوصول إليها.

تشير الأبحاث إلى أن العوامل الوراثية تشكل ما بين 40–70٪ من قدرة الفرد على التكيف في بعض المتغيرات الوظيفية مع التدريب

المفهوم العلمي للوراثة الجينية

- الوراثة هي انتقال الصفات البيولوجية من الآباء إلى الأبناء عبر المادة الوراثية (DNA).
- تتكون المادة الوراثية من وحدات تسمى الجينات (Genes)، وكل جين يحمل تعليمات لتصنيع بروتين معين مسؤول عن وظيفة حيوية محددة في الجسم.
- يبلغ عدد الجينات البشرية نحو 25,000 جين، وتختلف تراكيبها بين الأفراد بنسبة بسيطة (حوالي 0.1%)، لكنها كافية لإحداث فروق كبيرة في الأداء البدني والفسيولوجي.

الجينات المرتبطة بالأداء الرياضي

1-جين ACTN3

- يعرف باسم جين السرعة (Speed Gene).
- يرمّز لبروتين α-Actinin-3 الموجود في الألياف العضلية السريعة (Type II).
- الأشخاص الذين يمتلكون هذا الجين بنسخته الفعالة (RR أو RX) يمتازون بسرعة عالية و انقباض عضلي قوي، مثل عدائي المسافات القصيرة.
- أما الذين يفتقدونه (XX) فيمتازون بالتحمل والقدرة الهوائية العالية (مثل عدائي المسافات الطويلة والسباحين).

2 -جين ACE (Angiotensin-Converting Enzyme)

- يؤثر في تنظيم ضغط الدم وتروية العضلات بالأوكسجين.

- النسخة (I) ترتبط بالتحمل الهوائي، بينما النسخة (D) ترتبط بالقوة والسرعة.
- الرياضيون في الألعاب القلبية والتحملية غالبًا لديهم النمط الوراثي (II)، بينما الرياضيون في ألعاب القوة والسرعة لديهم (DD).

3- جين PPARA وPPARGC1A

- يتحكمان في استقلاب الدهون ونشاط الميتوكوندريا داخل العضلة.
- يساهمان في زيادة VO_2max وقدرة العضلة على استخدام الأوكسجين بكفاءة أثناء التدريب الهوائي.

الوراثة والتكيف الفسيولوجي.

1-التكيف القلبي الوعائي

- الجينات تحدد حجم القلب، وسرعة النبض، والاستجابة العصبية للمجهود.
- مثلًا، بعض الأفراد يمتلكون جينات تمنحهم قدرة أعلى على زيادة حجم الضربة القلبية (Stroke Volume) عند التدريب المستمر.

2 - التكيف التنفسي

- جينات تتحكم في حجم الرئة وعدد الشعيرات الدموية السنخية.
- لذلك، هناك فروق فردية في كفاءة التهوية الرئوية والتبادل الغازي حتى مع نفس نوع التدريب.

3 -التكيف العضلي

- الجينات تحدد نسبة الألياف السريعة والبطيئة في العضلة، وهي العامل الرئيس في تحديد التخصص الرياضي (سرعة – تحمل).
- كما تؤثر في استجابة العضلة لبروتينات النمو مثل IGF-1 وmTOR، المسؤولة عن تضخم الألياف العضلية أثناء التدريب المقاوم.)

-الكفاءة العصبية والتنسيق الحركي

الوراثة تحدد بعض الاختلافات في سرعة النقل العصبي، استثارة الجهاز العصبي المركزي، والدقة الحركية

الجدول (1): المقارنة بين تأثير التدريب والوراثة في التكيف الفسيولوجي

العنصر الفسيولوجي	التأثير الوراثي (Influence Genetic)	التأثير التدريبي (Influence Training)	النتيجة المتوقعة
نسبة الألياف العضلية السريعة والبطيئة	عالية (حوالي 80%)	محدودة (20%)	تحدد نوع التخصص الرياضي (سرعة / تحمل)
السعة الهوائية القصوى (VO_2max)	متوسطة إلى عالية (40–60%)	متوسطة إلى قوية (40–50%)	يتحسن الأداء الهوائي ضمن حدود الجينات
حجم القلب والضربة القلبية	متوسطة (50%)	متوسطة (50%)	يمكن للتدريب أن يزيد من حجم القلب ضمن الإمكانات الوراثية
نشاط الإنزيمات العضلية	متوسطة (40%)	عالية (60%)	يتطور نشاط الإنزيمات بشكل واضح بالتدريب المستمر

إنتاج الطاقة اللاهوائية	عالية (70%)	متوسطة (30%)	يرتبط جينيًا بقدرة العضلات على إنتاج القوة والانقباض السريع
المرونة والمهارة الحركية	منخفضة (30%)	عالية (70%)	تعتمد بدرجة أكبر على الممارسة والتكرار

يبين هذا الجدول **رقم (1) ان** الوراثة تشكل الحدود العليا لإمكانات التكيف الفسيولوجي، بينما يعمل التدريب على تحفيز الجينات وإظهار تأثيرها العملي.

فعلى سبيل المثال، نسبة الألياف العضلية السريعة والبطيئة تتحدد جينيًا، إلا أن التدريب يمكنه زيادة كفاءة الألياف الموجودة دون تغيير نوعها.

أما بالنسبة للقدرات القلبية والهوائية، فإنها تمثل تفاعلاً متوازناً بين الوراثة والتدريب، مما يعني أن الرياضي الموهوب جينيًا سيحقق أقصى تطور عند توفر تدريب علمي منظم.

تؤكد الدراسات الحديثة أن الوراثة تحدد ما يقارب 50–60% من قابلية التكيف، بينما يُكمل التدريب بقية النسبة عبر التكرار والتحفيز المستمر للأنظمة الحيوية.

الجدول (2): الجينات المرتبطة بالأداء الرياضي والتكيف الفسيولوجي

الجين	الوظيفة الأساسية	النمط الوراثي المفضل	نوع الأداء المرتبط
ACTN3	ينتج بروتين الأكتينين 3 في الألياف السريعة	RR / RX	السرعة والقوة (عداؤون، قفز، رفع الأثقال)

ACE	ينظم ضغط الدم وتروية العضلات بالأوكسجين	II للتحمل / DD للقوة	التحمل الهوائي أو القوة العضلية
PPARGC1A	ينشط الميتوكوندريا واستقلاب الطاقة	Gly / Gly	التحمل والتمارين الهوائية
VEGF	يحفّز تكوين الشعيرات الدموية العضلية	+405 C/G	زيادة الكفاءة القلبية الوعائية
IGF-1	يحفز النمو العضلي والبروتيني	TT / TC	زيادة الكتلة العضلية بالتدريب المقاوم
NRF2	ينظم مضادات الأكسدة داخل العضلة	CC / CT	مقاومة التعب والإجهاد التأكسدي

توضح هذه البيانات(جدول رقم 2) أن الأداء الرياضي لا يعتمد على جين واحد، بل على تفاعل مجموعة من الجينات التي تعمل بتكامل لتنظيم الاستجابة للتدريب.

فعلى سبيل المثال، جين ACTN3 يمنح العضلات قدرة انقباضية عالية وسرعة استجابة، بينما جين ACE يؤثر في الكفاءة القلبية والتحمل الهوائي.

أما جينات PPARGC1A وVEGF فهي مسؤولة عن زيادة إنتاج الطاقة وتحسين الأوكسجة العضلية، في حين يُعتبر IGF-1 أساسياً لتكوين البروتين العضلي ونمو الألياف.

ومن الناحية التطبيقية، يمكن لاختبارات التحليل الجيني أن تساعد في تحديد التخصص الرياضي الأمثل، وتحسين برامج التدريب وفقًا للبصمة الجينية للفرد.

التفاعل بين الجينات والتدريب

- التدريب يعمل كمحفز لتفعيل الجينات المسؤولة عن البناء العضلي ونمو الشعيرات الدموية وتحسين كفاءة الميتوكوندريا.
- بعض الجينات تكون خاملة، لكنها تُفعّل استجابةً للتمرين المستمر (Epigenetic Modulation).
- أي أن الوراثة تحدد الإمكانات، والتدريب يحدد ما يتحقق منها فعليًا.

التطبيقات العملية في التدريب الرياضي

1. تحديد التخصص الرياضي المبكر بناءً على تحليل الجينات (مثل ACTN3 وACE).
2. تصميم البرامج التدريبية الفردية وفقًا للبصمة الجينية لكل لاعب.
3. الكشف عن الموهبة الرياضية المبكرة في مراكز إعداد الأبطال.
4. توقع الإصابات العضلية لأن بعض الجينات ترتبط بضعف الأوتار أو التعافي البطيء.

التوجهات الحديثة في علم الوراثة الرياضية

- التحليل الجيني الرياضي (Sports Genomics) أصبح أداة علمية لتطوير الأداء.
- استخدام تكنولوجيا الـEpigenetics لدراسة كيف يغيّر التدريب التعبير الجيني دون تغيير DNA نفسه.
- دراسات حديثة تشير إلى أن التدريب المنتظم يمكنه تعديل بعض الجينات المسؤولة عن الإجهاد والتعب.

الخاتمة

إن الوراثة تشكل الأساس الذي يُبنى عليه الأداء الرياضي، والتدريب هو العامل الذي يُظهر تلك الإمكانات. التفاعل بينهما هو الذي يحدد مدى التكيف الفسيولوجي، وسرعة التحسن، والحد الأقصى للأداء.

لذلك فإن فهم الجانب الجيني أصبح اليوم ضرورة علمية لتخطيط التدريب الحديث، وللكشف عن الموهوبين وتجنب الإصابات.

.

المراجع العلمية المقترحة

1. ك). Recovery from Training: A Brief Review. Journal of Strength and Conditioning Research, 32(12), 3485–3492.
2. 5. Tarnopolsky, M. A. (2008). Sex Differences in Exercise Metabolism and the Role of 17β-Estradiol. European Journal of Physiology, 596(1), 1–15.
3. 6. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي – جمهورية العراق. (2023). محاضرات فسلجة التدريب – برامج الدراسات العليا في كليات التربية البدنية وعلوم الرياضة. بغداد.
4. 7. American College of Sports Medicine (ACSM). (2021). ACSM’s Guidelines for Exercise Testing and Prescription (11th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
5. 8. Marsh, C. E., & Jenkins, D. G. (2020). Sex-based Differences in Adaptations to Endurance and Resistance Training. Sports Medicine, 50(8), 1487–1500.

6.

1. Bouchard, C., & Rankinen, T. (2001). Individual Differences in Response to Regular Physical Activity. Medicine & Science in Sports & Exercise, 33(6), S446–S451.

2. Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2022). Physiology of Sport and Exercise. Human Kinetics.

3. Kenney, W. L. et al. (2020). Physiology of Sport and Exercise. Human Kinetics.

4. MacArthur, D. G., & North, K. N. (2007). ACTN3: A Genetic Influence on Muscle Function and Athletic Performance. Exercise and Sport Sciences Reviews, 35(1), 30–34.

5. Rankinen, T., & Bouchard, C. (2008). Genes and Response to Exercise Training. In Comprehensive Physiology.

6. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي – جمهورية العراق. (2023). محاضرات فسلجة التدريب – الدراسات العليا.

7. American College of Sports Medicine (ACSM). (2021). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription.

المراجع والمصادر العلمية

1. Ahmetov, I. I., & Fedotovskaya, O. N. (2015). Sports genomics: Current state of knowledge and future directions. Cellular and Molecular Exercise Physiology, 4(1), 1–24.

2. Bouchard, C., & Rankinen, T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. Medicine & Science in Sports & Exercise, 33(6), S446–S451.

3. Puthucheary, Z., et al. (2011). The ACE gene and human performance: Lessons from genetics and physiology. Physiological

.Genomics, 43(15), 831–845

.4 North, K. N., & Yang, N. (2002). ACTN3: A genetic influence on muscle function and athletic performance. Exercise and Sport .Sciences Reviews, 30(3), 120–122

.5 Eynon, N., et al. (2013). Genes for elite power and sprint performance: ACTN3, ACE, and beyond. Physiology & Behavior, 120, .76–82

.6 Hawley, J. A., & Joyner, M. J. (2016). Adaptations to endurance and .strength training. Journal of Physiology, 594(2), 422–431