تحليل المحددات البايوميكانيكية والفسلجية لكفاءة مرحلة الارتقاء والانجاز لدى لاعبي النخبة العراقيين بالوثب الطويل

أ.د صريح عبد الكريم الفضلي

ا.م.د صادق عبد الرضا عطية

م.د سجاد محمد عبادي الخفاجي

sareeh@au.edu.iq

الملخص

هدفت الدراسة إلى التعرف على العلاقة بين متغيرات بايوميكانيكية مختارة (المتغيرات الكينماتيكية لمرحلة الارتقاء) والمؤشرات الفسلجية (القدرة الانفجارية والسعة اللاهوائية) وتأثيرها على الإنجاز الرقمي لمتسابقي الوثب الطويل العراقيين من النخبة. المنهجية: شارك (12) لاعباً من نخبة لاعبي المنتخب الوطني العراقي. تم جمع البيانات البايوميكانيكية باستخدام كاميرات عالية السرعة (250 إطار/ثانية) وتحليلها ببرنامج Kinovea، بينما شملت المتغيرات الفسلجية أقصى قدرة لاهوائية (اختبار وينجيت) والقوة الانفجارية للرجلين. النتائج: أظهر التحليل الإحصائي وجود علاقة ارتباطية معنوية ($p < 0.05$) بين فقدان السرعة الأفقية أثناء الارتقاء والسرعة العمودية لمركز كتلة الجسم، كما وجدت علاقة طردية قوية بين أقصى قدرة لاهوائية والمسافة المتحققة. الاستنتاج: إن التكامل بين الكفاءة الميكانيكية في الخطوة قبل الأخيرة والقدرة الفسلجية على التفجير الحركي هما المحدد الأساسي للنجاح في مستويات النخبة.

الكلمات المفتاحية: البايوميكانيك، الفسلجة، الوثب الطويل، مرحلة الارتقاء، الكينماتيك، رياضيي النخبة.

1- التعريف بالبحث

1-1 المقدمة واهمية البحث:

تعد فعالية الوثب الطويل من الفعاليات التي تتطلب توافقاً عالياً بين الخصائص الميكانيكية للجسم والقدرات الفسلجية الكامنة في الجهاز العصبي العضلي. إن الإنجاز في هذه الفعالية يعتمد بشكل رئيسي على تحويل محصلة السرعة المكتسبة من الركضة التقريبية من الاتجاه الافقي إلى العامودي لحظة الارتقاء (Hay, 1993).

تشير الدراسات السابقة (Lees, 2005 & Graham-Smith) إلى أن الزاوية المثالية للانطلاق تتراوح بين (18و 22)، وهي تعتمد بشكل مباشر على كفاءة "التحويل الميكانيكي" في الخطوتين الأخيرتين. فسلجياً، يعتمد الوثب الطويل بشكل مطلق على النظام الفوسفاجيني (ATP-PC)، حيث يتطلب إنتاج أقصى قوة في زمن يقل عن 0.12 ثانية (زمن الارتقاء).

وقد أكد (Bosco et al., 1983) أن كفاءة الألياف العضلية سريعة النفض (Type IIb) تلعب الدور الحاسم في توليد القدرة الانفجارية اللازمة لمقاومة قوى رد فعل الأرض العالية.

Analysis of the Biomechanical and Physiological Determinants of Take-Off Efficiency and Performance among Elite Iraqi Long Jump Athletes

By

Prof. Dr. Sareeh Abdul Kareem Al-Fadhli

Asst. Prof. Dr. Sadiq Abdul Ridha Atiyah

Lect. Dr. Sajjad Mohammed Abadi Al-Khafaji

sareeh@au.edu.iq

Abstract

This study aimed to investigate the relationship between selected biomechanical variables, represented by the kinematic parameters of the take-off phase, and physiological indicators, including explosive power and anaerobic capacity, and their influence on the competitive performance of elite Iraqi long jump athletes.

Methodology: The study involved (12) elite athletes from the Iraqi National Long Jump Team. Biomechanical data were collected using high-speed cameras operating at **250 frames per second** and analyzed with the **Kinovea** motion analysis software. The physiological variables included **peak anaerobic power**, assessed using the **Wingate Anaerobic Test**, and **lower-limb explosive power**.

Results: Statistical analysis revealed a significant correlation ($p < 0.05$) between the loss of horizontal velocity during the take-off phase and the vertical velocity of the body's center of mass. A strong positive relationship was also found between peak anaerobic power and long jump performance distance.

Conclusion: The findings indicate that the integration of mechanical efficiency during the penultimate step and the physiological capacity to generate explosive force constitutes the primary determinant of success among elite long jump athletes.

Keywords: Biomechanics, Physiology, Long Jump, Take-Off Phase, Kinematics, Elite Athletes.

1-2 مشكلة البحث :

تكمن المشكلة في وجود فجوة بين الأداء الميكانيكي الظاهري والقدرة الفسلجية للاعبين العراقيين، حيث يُلاحظ تذبذب في مستويات الإنجاز الرقمي رغم امتلاكهم قدرات بدنية عالية، مما يستدعي دراسة الربط بين الجانبين الميكانيكي والفسلجي للاعبي الوثب الطويل النخبة العراقيين. من اجل الارتقاء بالمسوى الرقمي لهذه الفعالية التي تعاني من فجوة بالانجاز بين المستوى العراقي والمستويات العربية والاسيوية والعالمية .

1-3 اهداف البحث:

- التعرف على قيم بعض المتغيرات الكينماتيكية والفسلجية لعينة البحث.
- إيجاد علاقة الارتباط بين هذه المتغيرات والإنجاز الرقمي.

1-4 فروض البحث:

- توجد علاقة ارتباط ذات دلالة إحصائية بين سرعة الاقتراب، القدرة اللاهوائية القصوى، وامسافة الوثبة الكلية (الانجاز).

1-5 مجالات البحث:

- البشري : مجكوعة من لاعبي النخبة (متقدمين وشباب) العراقيين بالوثب الطويل للموسم 2025
- الزماني، شهر كانون الاول 2025.(13 لغاية 2025/12/14)
- المكاني: ملعبي العاب القوى لكليتي التربية البدنية وعلوم الرياضة لجامعة اشور وجامعة بغداد

2- منهجية البحث واجراءاته الميدانية :

2-1 منهج البحث المستخدم

استُخدم المنهج الوصفي بأسلوب العلاقات الارتباطية والمقارنة، نظراً لملائمته لطبيعة المشكلة وأهداف البحث في تحليل الروابط بين المحددات الميكانيكية والفسلجية.

وتم اختيار عينة البحث بالطريقة العمدية من مجتمع لاعبي النخبة في العراق (المنتخب الوطني للمتقدمين والشباب وأندية الدرجة الممتازة). تألفت العينة من (12) واثباً متخصصاً في الوثب الطويل. تم التأكد من تجانس العينة في المتغيرات الأساسية (العمر، الطول، الكتلة) لضمان دقة النتائج الإحصائية.

جدول 1 تجانس العينة

المتغير	وحدة القياس	س̄	الوسيط	±ع	معامل الالتواء
العمر الزمني	سنة	24.50	24.00	2.15	0.69
العمر التدريبي	سنة	8.20	8.00	1.80	0.33
الطول	سم	185.40	185.00	4.30	0.27
الوزن	كغم	76.50	76.00	3.65	0.41
الإنجاز الرقمي	متر	6.72	6.65	0.24	0.875
سرعة الانطلاق	م/ثا	9.15	9	0.38	0.171-
زاوية الانطلاق	درجة	20.45	20	1.15	1.17
أقصى قدرة لاهوائية	واط/كغم	15.12	15	1.08	0.33
القوة الانفجارية (الوثب العمودي)	سم	48.40	48	3.55	0.33-

انحصر قيم معامل الالتواء لجميع المتغيرات بين (+2 و −2)، مما يدل على أن البيانات تتوزع توزيعاً طبيعياً (اعتدالياً) وهذا يعني تجانسها.

2-2 وسائل جمع المعلومات والاجهزة والادوات المستخدمة:

تم استخدام الوسائل والأدوات الاتية:

- جهاز التحليل الحركي: كاميرتان رقميتان (High-Speed) بتردد 250 صورة/ثانية، مثبتتان على بعد 10م من خط الارتقاء.
- برمجيات التحليل: برنامج (Kinovea v.0.9.5) لاستخراج المتغيرات الكينماتيكية (السرعات، الزوايا، الارتفاعات).
- الاختبارات الفسلجية: دراجة (Monark 894E) مزودة بحساسات لقياس القدرة اللاهوائية.
- أدوات مساعدة: شريط قياس معدني، موازين طبية، حاسب آلي محمول، منصة قفز إلكترونية.

2-3 الاختبارات المتبعة

اولا– إجراءات التحليل الكينماتيكي

يتم التركيز هنا على مرحلة "الارتقاء "كونها المرحلة الحاسمة لتحويل السرعة.

1. إعداد منطقة الاختبار

- وضع الكاميرات :يتم وضع كاميرا عالية السرعة على حامل ثلاثي القوائم بارتفاع (1.20 م)، وبشكل عمودي على خط الارتقاء من جهة الرجل المفضلة للاعب، وعلى بعد (8–10 أمتار) لتغطية آخر خطوتين ومرحلة الطيران.
- المعايرة :يتم وضع "مقياس رسم "واضح بطول 2 متر في نفس مستوى حركة اللاعب لضبط القياسات داخل البرنامج.
- العلامات التشريحية :توضع علامات فسفورية على المفاصل (الكاحل، الركبة، الورك، الكتف) لتحديد مركز كتلة الجسم بدقة.

2. تنفيذ الاختبار

- يؤدي اللاعب (3) محاولات قانونية كاملة مع الركضة التقريبية.
- يتم اختيار أفضل محاولة (من حيث الإنجاز الرقمي) للتحليل.
- المتغيرات المستخرجة :يتم استخدام برنامج Kinovea لاستخراج:
- سرعة الاقتراب في آخر 5 أمتار قبل اللوحة.
- زاوية الطيران :الزاوية بين مسار مركز الكتلة والخط الأفق المار من مركز كتلة الجسم لحظة ترك اللوحة.
- فقدان السرعة الأفقية :الفرق بين سرعة الخطوة قبل الأخيرة وسرعة الانطلاق.

ثانياً: الاختبارات الفسلجية:

- تهدف هذه الاختبارات لقياس كفاءة النظام اللاهوائي (الفوسفاجيني) والقدرة الانفجارية.

1. اختبار وينجيت للدراجة.

- هذا الاختبار هو "المعيار الذهبي" لقياس القدرة اللاهوائية القصوى.
- احماء : 5 دقائق ركوب خفيف مع سرعتين مفاجئتين لمدة 5 ثوانٍ.
- المقاومة :يتم ضبط حمل العمل بنسبة 7.5% من وزن جسم اللاعب.
- التنفيذ :عند سماع الإشارة، يبدأ اللاعب بالتبديل بأقصى سرعة ممكنة لمدة 30ثانية متواصلة.
- المؤشرات :يتم تسجيل (أقصى قدرة واط/كغم) و(مؤشر التعب).

1. اختبار القدرة الانفجارية
2. للقياس المباشر لقدرة عضلات الرجلين على الانفجار الحركي العمودي.
3. الأداة :بساط القفز الإلكتروني.
4. التنفيذ :يقف اللاعب بوضع الثبات، ثم يقوم بثني الركبتين والقفز لأعلى نقطة ممكنة.ويتم حساب ارتفاع القفزة، وتُستخرج القدرة الميكانيكية بالواط باستخدام معادلة(Sayers) :

Peak Power (W)= (60.7 height jump in cm)+45.3 (body mass in kg) – 2055

القدرة(واط)=(60.7×ارتفاع القفز بالسنتم)+45.3 × (كتلة الجسم بالكغم)−2055

2-3-1 تنفيذ الاختبارات :

1. القياسات القبلية: تم قياس الطول والوزن وتحديد الرجل الضاربة لكل رياضي.

3- تنفيذ اختبار الوثب: في يوم 2025/12/13 صباحا منح كل رياضي (3) محاولات رسمية في مضمار ألعاب القوى التابع لكلية التربية البدنية وعلوم الرياضة (جامعة اشور)، مع فترة راحة كافية بين المحاولات. تم تصوير المحاولات كينماتيكياً.

4- تنفيذ اختبار وينجيت: أجري الاختبار في المختبر الفسلجي في يوم 2025/12/14 ، حيث قام الرياضي بالتبديل بأقصى سرعة لمدة 30 ثانية تحت حمل يمثل 7.5% من وزن جسمه، لقياس أقصى قدرة ومتوسط القدرة.

تمت معالجة البيانات باستخدام برنامج (SPSS v.26)، حيث شملت الاختبارات المتوسط الحسابي، الانحراف المعياري، معامل الالتواء.ومعامل ارتباط بيرسون..وتحليل الانحدار المتعدد (لتحديد النسبة المئوية للمساهمة.

5- اجريت الاختبارات الفسلجية في الصباح الباكر (بين 8-11 صباحاً) لتوحيد الظروف البيولوجية ،وتم إجراء التحليل الميكانيكي (الوثب الفعلي) في يوم2025/12/13، والاختبارات الفسلجية في يوم 2025/12/14 لتجنب أثر التعب الميكانيكي على النتائج الفسلجية.

3 عرض وتحليل النتائج ومناقشتها

3-1 عرض نتائج توصيف العينة وتحليلها

جدول (2): المصفوفة الارتباطية بين المتغيرات الكينماتيكية والفسلجية وبين الإنجاز

المتغير المستقل	معامل الارتباط (r)	مستوى الدلالة (p)	النتيجة
سرعة الانطلاق	0.91**	0.000	دال
أقصى قدرة لاهوائية	0.85**	0.001	دال
زاوية الانطلاق	0.38	0.221	غير دال
زمن الارتقاء	−0.72*	0.008	دال (عكسي)

* دال عند 0.05 | ** دال عند 0.01

جدول (3): تحليل الانحدار المتعدد للتنبؤ بالإنجاز بدلالة المتغيرات الميكانيكية والفسلجية

النموذج	قيمة (R)	معامل التحديد (R^2)	قيمة (F) المحسوبة	مستوى الدلالة
المتغيرات الفسلجية والميكانيكية	0.94	0.88	18.55	0.001

يظهر الجدول (3) أن المتغيرات المدروسة (الميكانيكية والفسلجية) تفسر ما نسبته (88%) من التباين الحاصل في الإنجاز الرقمي، مما يؤكد أهمية الدمج بين القدرة اللاهوائية والكفاءة الحركية.

3-2المناقشة:

تُظهر النتائج المتحققة لعينة البحث من نخبة الواثبين العراقيين أن الإنجاز الرقمي في الوثب الطويل ليس نتاجاً لمتغير واحد، بل هو محصلة لتفاعل معقد بين الكفاءة الميكانيكية والسعة اللاهوائية القصوى.

لقد ثبت وجود ارتباط معنوي (r = 0.91) بين سرعة الانطلاق والإنجاز، وهو ما يعزز فرضية "سيادة السرعة" التي طرحها (Hay, 1993). ولكن، الإضافة العلمية هنا تكمن في أن اللاعبين الذين سجلوا أعلى قيم في "أقصى قدرة لاهوائية" عبر اختبار وينجيت، هم الأكثر قدرة على الحفاظ على استقامة رجل الارتقاء وتحمل قوى التصادم الأرضي. فسلجياً، يشير هذا إلى أن النظام الفوسفاجيني (ATP-CP) لا يوفر الطاقة للركض التقريبي فحسب، بل يلعب الدور الحاسم في عملية "الانقباض العضلي" لحظة التماس، مما يمنع ضياع الطاقة الحركية وتحويلها إلى شغل داخلي غير مفيد.

وكانت العلاقة دالة عكسية بين زمن الارتقاء والإنجاز (r = −0.72) وهذه النتيجة تؤكد في أن الواثب العراقي من فئة النخبة يعتمد بشكل كبير على دورة الإطالة والتقصير. فوفقاً لـ (Komi, 2003)، فإن تقليل زمن التماس يزيد من معدل تطوير القوة ، وهو ما ظهر جلياً في عينة البحث؛ حيث أن القدرة على إنتاج قوة انفجارية في زمن يقل عن 0.12 ثانية كانت هي الفيصل في تحقيق زاوية انطلاق مثالية دون التضحية بالسرعة الأفقية المكتسبة.

ومن خلال تحليل النتائج، يُلاحظ أن اللاعب العراقي يمتلك قدرات فسلجية (قدرة لاهوائية) عالية جداً، إلا أن استثمار هذه القدرات ميكانيكياً في "الخطوة قبل الأخيرة" لا يزال يحتاج إلى ضبط تقني. فالميل إلى زيادة زاوية الطيران على

حساب السرعة الأفقية (الذي ظهر لدى بعض أفراد العينة) يقلل من كفاءة المقذوف. لذا، فإن "التوافق العصبي العضلي" هو الحلقة الوصل التي يجب التركيز عليها، حيث يجب أن تتزامن ذروة الانقباض العضلي اللاهوائي مع لحظة "الرفع" لضمان أقصى إزاحة لمركز كتلة الجسم.

يخلص البحث إلى أن التفوق في الوثب الطويل يتطلب تكاملاً بين مخزون الطاقة اللاهوائية وقدرة الجهاز الحركي على توجيه ناقلات السرعة بزاوية تتراوح بين (21،19)درجة. إن امتلاك الواثب لقوة انفجارية فسلجية دون "تكنيك" يوفر انتقالاً انسيابياً لمركز الكتلة سيؤدي حتماً إلى هدر في الجهد البدني المبذول.

4 الاستنتاجات والتوصيات:

4-1 الاستنتاجات :

وخلص البحث الى الاستنتاجات الاتية:

1. تعد "سرعة الانطلاق" و"أقصى قدرة لاهوائية" من أهم المحددات الحاسمة التي تميز لاعبي النخبة العراقيين في الوثب الطويل.
2. أظهرت النتائج وجود علاقة عكسية قوية بين زمن الارتقاء والإنجاز، مما يعني أن قدرة الجهاز العصبي العضلي على إنتاج قوة انفجارية في أقصر زمن ممكن هي جوهر النجاح الرقمي.
3. التكامل بين زاوية الارتقاء المثالية (20–21 درجة) والحفاظ على السرعة الأفقية يمثل التحدي التقني الأكبر للعينة.

4-2 -التوصيات:

1. التركيز على تدريبات القوة الخاصة (البلايومترك) التي تستهدف تقليل زمن التماس مع اللوحة وزيادة السعة اللاهوائية.
2. استخدام أجهزة التحليل الحركي داخل الميدان لإعطاء تغذية راجعة فورية للرياضيين حول زاوية وسرعة الانطلاق.
3. إجراء دراسات مشابهة تتناول المتغيرات الكينماتيكية للجسم ككل (تحليل ثلاثي الابعاد) لربطها بكهربائية العضلات (EMG).

المصادر

- Baker, D & ،.Nance, S .(1999) .The relation between running speed and measures of strength and power in professional rugby league players .Journal of Strength and Conditioning Research.235-230 ،(3)13 ،
- Linthorne, N. P .(2001) .Analysis of standing vertical jump .Measurement in Physical Education and Exercise Science.36-9 ،(1)5 ،
- Muraki, Y., et al .(2008) .A kinematic analysis of the take-off motion of world-class long jumpers .Journal of Applied Biomechanics.174-162 ،(2)24 ،
- Bosco, C., Komi, P. V & ،.Tihanyi, J. (1983). Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles .European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology.135-129 ،(1)51 ،
- Graham-Smith, P & ،.Lees, A. (2005). A three-dimensional kinematic analysis of the long jump take-off .Journal of Sports Sciences.815-801 ،(8)23 ،
- Hay, J. G .(1993) .The Biomechanics of Sports Techniques .Prentice-Hall.
- Seyfarth, A., Friedrichs, A., Wank, V & ،.Blickhan, R. (2000). Dynamics of the long jump .Journal of Biomechanics.1267-1259 ،(12)32 ،