Misan Journal for Physical Education Sciences
مجلة ميسان لعلوم التربية البدنية
Vol. 31, No. 2, Year 2026
ISSN: 3007-7508
DOI: https://doi.org/10.61265/mjph.2026.31227

تحليل التكيف التطوري المرتبط بالتغير الزمني في المتغيرات الكينماتيكية للقفز بالزانة لبطولتي العالم 1997 و2017

Analysis of Evolutionary Adaptation Related to Temporal Changes in Kinematic Variables of Pole Vaulting at the 1997 and 2017 World Championships

م.د محمود عباس عبد الحسن الربيعي
وزارة التربية /مديرية تربية كركوك
drmahmood520@gmail.com

الملخص

تكمن أهمية البحث في عكس مفهوم التكيف التطوري على المؤشرات الكينماتيكية باستخدام القياسات المتكررة عبر الزمن لدمج نتائج الدراسات المختلفة بهدف الحصول على تقديرات دقيقة للتأثيرات لمقدار تطور الأداء الحركي وهدف البحث لدراسة السلوك الحركي من وجهة نظر البايوميكانيك في مراحل زمنية مختلفة ذات مدى طويل يعتبر امر في غاية الصعوبة كونها ترتكز على البحث والتقصي في بيئات مختلفة الا ان عدم القيام بمثل هذه الأبحاث ينتج عنه نقص كبير في الفهم العميق لتطور الأداء واستخدم الباحث المنهج الوصفي لتحليل وجمع البيانات وشملت عينة البحث على القافزين المشاركين في بطولتي العالم لألعاب القوى لعامي 1997 و 2017 ، اذ استخرج الباحث قيم المتغيرات الكينماتيكية من دراسات الاتحاد الدولي لألعاب القوى وتوحيدها اذ شملت (19) متغير، ومقارنتها لإثبات فروض البحث وكانت اهم الاستنتاجات ان التكيف التطوري بلغ نسبة عالية أي الأداء الحركي واتخذ شكل مغاير وبنسبة (68%) على مدار (20عام) ان الأسلوب الجديد المتبع أصبح يعتمد على العصا بمواصفتها الجديدة بدرجة كبيرة و وفر فوائد ميكانيكية هذا ما يفسر زيادة بقاء اللاعب متصلا بالعصا أي زيادة في مسافة التأرجح وجميع المتغيرات التي حصلت على حجم أثر عالي خضعت الى مبدأ التكيف التطوري وعكست سلوكا حركيا جديدا.

الكلمات المفتاحية: التكيف التطوري، القفز بالزانة، التحليل الحركي

ABSTRACT

The importance of this research lies in reflecting the concept of evolutionary adaptation on kinematic indicators using repeated measurements over time to integrate the results of various studies in order to obtain accurate estimates of the effects of motor performance development. The aim of the study was to examine motor behavior from a biomechanical perspective at

different time stages over a long period, which is considered highly challenging due to its reliance on research and investigation in different environments. However, failing to conduct such research results in a significant gap in the deep understanding of performance evolution. The researcher employed a descriptive approach for data collection and analysis. The sample included pole vaulters who participated in the 1997 World Athletics Championships as well as pole vaulters from the 2017 Championship. Kinematic variable values were extracted from studies by the International Association of Athletics Federations (IAAF) and standardized, covering 19 variables. These were then compared to validate the research hypotheses. The main findings indicated that evolutionary adaptation reached a high level, with motor performance taking a different form, achieving 68% over 20 years. The new technique adopted now heavily relies on the pole with its updated specifications, providing significant mechanical benefits. This explains the increased retention of the athlete in contact with the pole, resulting in a greater swing distance. All variables that showed a high effect size were subject to the principle of evolutionary adaptation and reflected a new motor behavior.

Keywords: Evolutionary adaptation, Pole vaulting, Kinematic analysis.

1- المقدمة واهمية البحث:

التكيف العام يحدث نتيجة تغيير في البيئة وبدوره يؤثر على جسم الانسان بالتالي يواجه مقاومة هذه المقاومة تحدث تغيرات ملموسة في السلوك الحركي كنتيجة وتسمى (بالاستجابات) عندها ندخل في مفهوم جديد للتكيف يستدل عليه من خلال قيم المؤشرات البايوميكانيكية مثل قيم الزوايا والسرع والتعجيل والعزوم، و على مدار العقود الماضية لوحظ تحسن مستمر في نتائج القفز بالزانة بين لاعبي النخبة وهو ما يمكن ان يكون مؤشر مباشر على التغيرات في المتغيرات الكينماتيكية المرتبطة بالأداء فعلى سبيل المثال (العلاقة بين سرعة الاقتراب والانجاز) في القفز كانت في ازدياد عبر مجموعات بيانات مختلفة مما يشير الى تطور التقنية والأداء بين التسعينيات واوائل الالفية الثانية (McGinnis,2004, p244)فبالرغم من ان دراسة الإنجاز من وجهة نظر البايوميكانيك في مراحل زمنية مختلفة ذات مدى طويل يعتبر امر في غاية الصعوبة كونها ترتكز على البحث والتقصي في بيئات مختلفة الا ان عدم القيام بمثل هذه الأبحاث ينتج عنه نقص كبير في الفهم العميق لتطور الأداء بما في ذلك القيم الرقمية للمتغيرات الكينماتيكية وماهي القيم التي تعرضت للتكيف من خلال مبدأ التطور وماهي المتغيرات ذات التأثير الأكبر ومن جانب اخر ان دراسة السلاسل الزمنية تحدد القيود البشرية وتسلط الضوء على التفاعل المعقد بين العوامل الفسيولوجية والميكانيكيا الحيوية وعوامل التدريب وتقدم رؤى مستقبلية حول التطورات المحتملة وهذا ما أراد الباحث الخوض به كمصطلح علمي (التكيف التطوري) الذي يكون معروف بمقدار التغير المنتظم في السلوك الحركي الناتج من تطور متطلبات

الأداء والانجاز اذ ان ربط هذا المصطلح بمقدار التباين في القيم الميكانيكية على المدى الزمني الطويل (20 سنة) أي ما يقارب (خمسة أجيال) متعاقبة من رياضي النخبة سيكشف لنا بدقة التطور التقني في رياضة القفز بالزانة التي تعتمد بشكل كبير على التقدم في التقنية والمعدات وتقديم صورة واضحة عن الإنجاز الذي اصبح في السنوات الأخيرة تطوره ينمو ببطء جدا وخاصة في فعالية القفز بالزانة التي تعتمد على السنتيمترات اذ تبين لنا دراسات المقارنات الزمنية على المدى الطويل (10 سنوات) او اكثر يمكننا من تحديد ذروات الإنجاز التي يصبح بعدها الإنجاز يعتمد على بايوميكانيكية الجسم والتقنيات الرياضية بدلا من الاعتماد على التطور الفسيولوجي وحده وهذا ما يدل على وصول التكيف الفسيولوجي حدوده القصوى (هضاب الأداء) واشارات الكثير من الدراسات التي تناولت مفهوم القياسات المتكررة عبر الزمن من المتوقع ان تساهم التقدمات التكنولوجية والبايوميكانيكية في الحفاض على مكاسب طفيفة في المستقبل فان ارتفاع المتطلبات البدنية والانجاز على مرور الوقت قد وصل الى حدوده القصوى حتى أصبحت المناهج التدريبية شبه عاجزة عن تحقيق الفرق الا من خلال اخذ منعطف جديد في الآونة الأخيرة من خلال دمج المؤشرات البايوميكانيكية مع مفاهيم التدريب الحديثة مثل (تقنين الشدة بمفهوم طول وتردد الخطوات ودراسة مراحل التعجيل ومبدأ الطاقة الكامنة والحركية) وتوسيع المعرفة بالتفاعلات التي تحدث بين الرياضي والعصا والأرض وهذا ما يتفق مع مفهوم التكيف التطوري لقيم المتغيرات الميكانيكية الذي يعتمد على تحليل الأداء على فترات زمنية متعاقبة ودراسة الإنجاز لسنوات طويلة في ضل تقدم تقنيات التصوير والتحليل الحركي التي ساهمت بشكل كبير وفعال في تحديد وعكس مفهوم التكيف التطوري على المؤشرات الكينماتيكية باستخدام القياسات المتكررة عبر الزمن لدمج نتائج الدراسات المختلفة بهدف الحصول على تقديرات دقيقة للتأثيرات المشتركة بين فسيولوجيا التدريب وأسلوب الأداء بل يتعدى ذلك ليكون كاشف لإنجازات المستقبل ومقارنة الأداء البايوميكانيكي بين أجيال مختلفة من شانه توفير معلومات وتحسينات ملموسة.

2-1 مشكلة البحث:

اغلب المقارنات في بحوث البايوميكانيك والتحليل الحركي تمركزت حول مقارنة لاعب باخر (بطل محلي باخر عالمي) او مجموعة بأخرى بهدف دراسة الفروق الفردية او الجماعية بغية تحديد الأخطاء او دراسة أثر متغير مستقل مثل المناهج التدريبية او تأثير بعض الأجهزة والأدوات المساعدة للوصول الى التقويم الصحيح استنادا الى مؤشرات الأداء الانية او لفترات قصيرة، وان المقارنات بأساليب مختلفة تكشف لنا حقائق علمية جديدة وترفد الباحثين بنتائج اكثر مصداقية لذلك لجأ الباحث الى دراسة قيم المتغيرات في القفز بالزانة على المدى الزمني الطويل (عشرون عام) ولكن بمفهوم (التكيف التطوري) ولما عانت فعالية القفز بالزانة من نقص حاد وعلى وجه الخصوص (الدراسات العربية) اذ لاحظ الباحث فرق المستوى المحلي عن العالمي الذي لم يكن وليد الصدفة بل جاء نتيجة لعمل لفترات زمنية طويلة فان استغلال وجود دراسات تختص بالتحليل الحركي لنفس الفعالية (القفز بالزانة) ولنفس المتغيرات وتحت نفس الظروف (اثناء المنافسة الدولية) جعلها ميدان خصب للدراسة والبحث ومن هنا جاءت تساؤلات البحث على الصيغة الاتية:

- هل التكيف التطوري أدى الى تتطور قيم المتغيرات الكينماتيكية على مر الزمن في بطولات العالم؟ وهل من شأنه توفير معلومات وتحسينات للأداء الحركي؟
- ما حجم التكيف على رياضة معقدة مثل القفز بالزانة وما هي العوامل التي تؤثر في تحقيق الإنجاز؟
- تقييم تأثير التقدم التكنولوجي والتدريبي على مدى (20 عام) في الأداء الحركي؟

1-3 اهداف البحث:

1- دراسة وتتبع تأثير الأجيال المتعاقبة في الأداء الحركي على المدى الزمني الطويل ومعرفة اتجاه التطور بالمستقبل.

2- التعرف على الفروق في قيم المتغيرات الكينماتيكية وعلى مدى (20 عام) وتحديد مدى تطور هذه المتغيرات.

3- تحديد حجم التكيف التطوري لقيم المتغيرات الكينماتيكية من شأنه الكشف عن جدوى الأساليب والطرق التدريبية.

4-فرضا البحث

1-وجود فروق معنوية بين قيم المتغيرات الكينماتيكية لبطولتي العالم (1997) و (2017) ولصالح البطولة الأخيرة.

2-وجود فروق في حجم الأثر لقيم المتغيرات الكينماتيكية لبطولتي العالم (1997) و (2017) ولصالح البطولة الأخيرة.

1-5 مجالات البحث

1-5-1 المجال البشري: نخبة من قافزي الزانة المشاركين في نهائيات بطولة (أثينا) 1997 وبطولة (لندن) 2017.

1-5-2 المجال المكاني: الملعب الأولمبي (اليونان- أثينا) والملعب الأولمبي (المملكة المتحدة-لندن).

1-5-3 المجال الزماني: تجربة البحث (1997 و2017) إجراءات البحث (2025/11/1 ولغاية 2026/2/1).

1-6 تحيد المصطلحات

1-6-1 التكيف التطوري: عملية طويلة الأمد من التغير المنتظم والتراكمي في أنماط الأداء الحركي، ناتجة عن التفاعل المستمر بين القيود البيولوجية للإنسان، ومتطلبات الأداء، والتقدم في أساليب التدريب والتقنية والمعدات، ويُستدل عليه من خلال التغير الزمني في القيم البايوميكانيكية والكينماتيكية للأداء عبر أجيال متعاقبة من الرياضيين. (تعريف اجرائي)

2-إجراءات البحث

2-1منهج البحث: استخدم الباحث المنهج الوصفي بأسلوبي الدراسات المسحية والمقارنة لملائمته طبيعة المشكلة.

2-2 مجتمع وعينة البحث: تمثل مجتمع البحث باللاعبين المشاركين في بطولتي العالم (اثنا 1997) و (لندن 2017) للقفز بالزانة والمتأهلين الى النهائيات.

2-2-1 عينة البحث الأولى:

اشتملت عينة البحث الأولى على (11) قافز اذ تم تحليل (25) محاولة ناجحة خلال مرحلة النهائيات لاستخراج متغيرات البحث، اذ بلغ اعلى انجاز (6.01 م) واقل انجاز (5.50 م) وكان متوسط الإنجاز (5.75م)، وبالإضافة الى ان قيمة معامل الالتواء للمحاولات الناجحة بلغت (0.98-) أي انها تراوحت بين (+1 و-1) وقيمة الدلالة الإحصائية (sig) لاختبار اعتدالية التوزيع كانت أكبر من (0.05) مما يدل ان عينة البحث تندرج تحت المنحنى الاعتدالي وحسب الجدول (1).

جدول (1) مواصفات عينة البحث الاولى

ت	اسم القافز	أفضل انجاز	عدد المحاولات الناجحة	الوسط الحسابي للإنجاز*	الانحراف المعياري	معامل الالتواء للمحاولات 25	اختبار Shapiro–Wilk (Sig)
1	Bubka	6.01	3	5.75	0.18	-0.98	0.085
2	Tarasov	5.96	4				
3	Starkey	5.91	5				
4	Lobinger	5.80	2				
5	Buckfield	5.70	2				
6	Manson	5.70	2				
7	Smiryagin	5.70	2				
8	Strogalyov	5.70	2				
9	Barthel	5.50	1				
10	Eriksson	5.50	1				
11	Krasnov	5.50	1				
مجموع المحاولات			* 25 محاولة خاضعة للتحليل والدراسة				

2-2-2 عينة البحث الثانية:

اشتملت عينة البحث الثانية على (9) قافزين اذ تم تحليل (26) محاولة محاولة ناجحة خلال مرحلة النهائيات لاستخراج متغيرات البحث، اذ بلغ اعلى انجاز (5.95م) واقل انجاز (5.50) وكان متوسط الإنجاز (5.86) وقيمة معامل الالتواء اقل من (±1) وقيمة (sig) لاختبار اعتدالية التوزيع كانت أكبر من (0.05) كما في الجدول (2).

جدول (2) مواصفات عينة البحث الثانية

ت	اسم القافز	أفضل انجاز	عدد المحاولات الناجحة	الوسط الحسابي للإنجاز*	الانحراف المعياري	معامل الالتواء للمحاولات 26	اختبار Shapiro–Wilk (Sig)
1	KENDRICKS	5.95	6	5.86	0.13	0.19	0.099
2	LISEK	5.89	3				
3	LAVILLENIE	5.89	3				
4	Changrui XUE	5.82	4				
5	Pawel	5.75	3				
6	CHAPELLE	5.65	2				
7	MARSCHALL	5.65	2				
8	BARBER	5.65	2				
9	DUPLANTIs	5.50	1				
مجموع المحاولات			*26 محاولة خاضعة للتحليل والدراسة				

2-3 الأجهزة والأدوات المستخدمة في البحث:

قواعد البيانات لفعالية القفز بالزانة، اذ تم تجميعها من سجلات الاتحاد الدولي لألعاب القوى (IAAF) وكذلك أرشيفات ألعاب القوى العالمية ونتائج البطولات الكبرى بما في ذلك دورة الألعاب الأولمبية، وبطولات العالم.

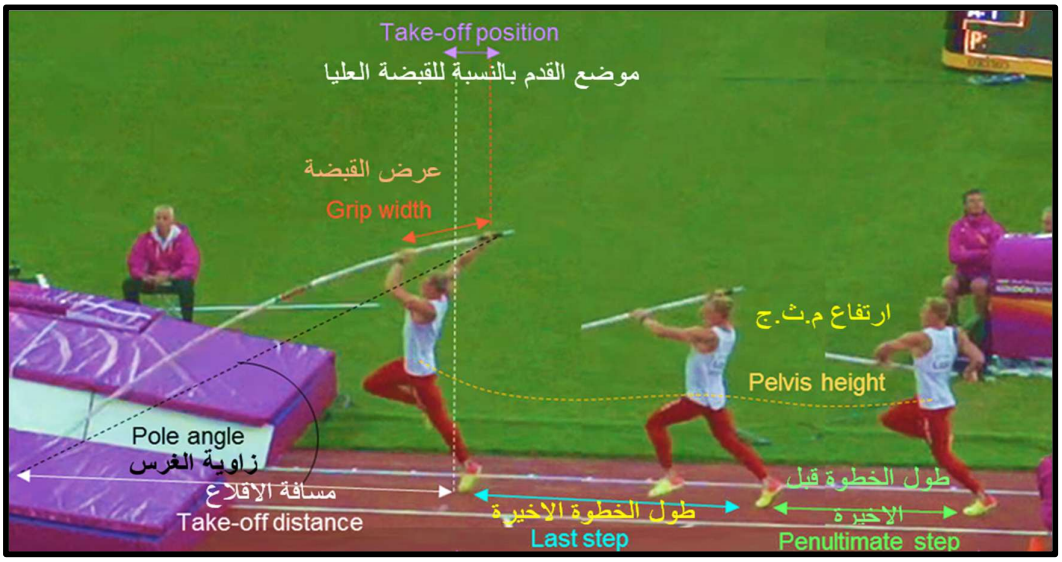
4-2 إجراءات البحث:

استند الباحث على نتائج التقارير والأبحاث المنشورة من قبل الاتحاد الدولي لألعاب القوى والتي تناولت التحليل الحركي للقز بالزانة في اثناء البطولات المقامة ومنها دراسة (G.-P. Brüggemann) بعنوان (biomechanical research project Athens 1997) ودراسة (Helen grave stock and dr Athanasios basses) بعنوان (Biomechanical Report for the IAAF World Championships, London 2017)، اذ استخرج الباحث قيم المتغيرات الكينماتيكية حسب هدف البحث (المتغيرات الكينماتيكية) وتوحيدها (اذ تم اهمال بعض لمتغيرات الغير المشتركة بين الدراستين وكذلك بعض المتغيرات خارج اهداف البحث)، ومقارنتها لإثبات فروض البحث.

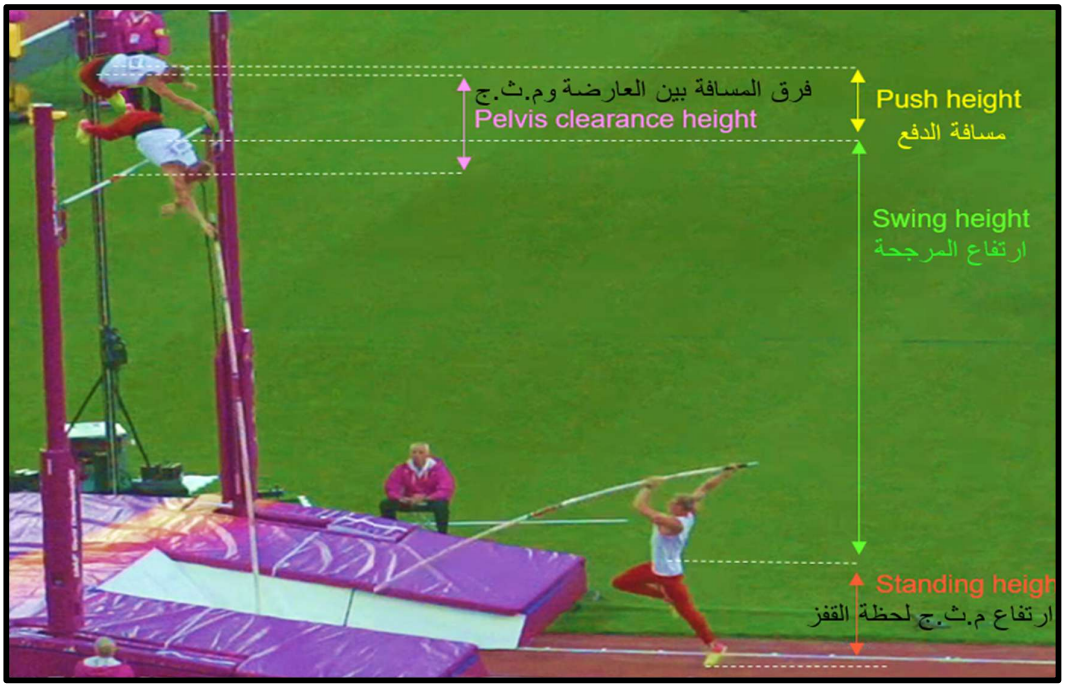
5-2 المتغيرات البايوكينماتيكية المختارة:

جدول (3) تعريف المتغيرات الكينماتيكية المختارة ووحدة القياس

ت	المتغير	التعريف ووحدة القياس
1	**Run up steps** عدد خطوات الركضة التقريبية	اجمالي عدد الخطوات للركضة التقريبية قبل القفز (عدد)
2	**Runway velocity** متوسط سرعة الاقتراب الافقية للمسافة من 6-11م قبل الغرس	متوسط السرعة الأفقية المحققة خلال الجزء الأوسط من ممر الاقتراب على بعد 11–6 م من صندوق الغرس (م/ثا)
3	**Penultimate step length** طول الخطوة قبل الأخيرة	المسافة من دفع مشط القدم إلى دفع مشط القدم للخطوة التي تسبق الخطوة الأخيرة مباشرة (متر)
4	**Penultimate step velocity** سرعة الخطوة قبل الاخيرة	متوسط السرعة الأفقية لمركز الكتلة خلال الخطوة التي تسبق الخطوة الأخيرة (م/ثا)
5	**Last step length** طول الخطوة الأخيرة	المسافة من دفع مشط القدم إلى دفع مشط القدم للخطوة التي تسبق الارتقاء مباشرة (متر)
6	**Last step velocity** سرعة الخطوة الأخيرة	متوسط السرعة الأفقية لمركز الكتلة خلال الخطوة التي تسبق لحظة الارتقاء مباشر (م/ثا)
7	**Take-off distance** مسافة الارتقاء	المسافة الأفقية من صندوق الغرس إلى طرف القدم عند لحظة الارتقاء(متر)
8	**Grip height** ارتفاع القبضة	المسافة من القبضة لليد العليا الى الحافة السفلى لعصا الزانة في لحظة قبل ترك مشط القدم للأرض (متر)
9	عرض القبضة**Grip width**	المسافة بين القبضة العليا والقبضة السفلى على الزانة في لحضه قبل ترك مشط القدم للأرض (متر)
10	**Take-off foot position** موضع قدم الارتقاء	المسافة الأفقية بين طرف قدم الارتقاء والقبضة العليا عند لحظة الارتقاء
11	**Take-off velocity** سرعة الارتقاء	السرعة المحصلة لمركز ثقل الجسم عند لحظة الارتقاء (م/ثا)
12	**Direction of travel** زاوية الاتجاه (الانطلاق)	الزاوية بين الخط الافقي الموازي للأرض ومسار (م.ث.ج) لخمس صور متتالية من لحظة الانطلاق
13	**Pole angle** زاوية الزانة	الزاوية بين وتر الزانة وسطح الأرض عند لحظة الارتقاء (درجة)
14	**Knee angle** زاوية الركبة	الزاوية بين الفخذ والساق في لحظة الانطلاق ولطرفي الجسم وتُعدَ 180° في وضع الوقوف التشريحي (درجة)
15	**Hip angle** زاوية الورك	الزاوية بين الجذع والفخذ في لحظة الانطلاق ولطرفي الجسم وتُعدَ 180° في وضع الوقوف التشريحي القيم الأكبر من 180° تدل على فرط البسط (درجة)
16	**Standing height** ارتفاع الوقوف عند الارتقاء	المسافة العمودية من مركز ثقل الجسم الى الأرض في لحظة الانطلاق (متر)
17	**Swing height** ارتفاع التأرجح	المسافة العمودية لمركز ثقل الجسم من لحظة الانطلاق الى لحظة ترك العصا (متر)
18	**CM clearance height** ارتفاع تخطي مركز الكتلة	المسافة العمودية بين العارضة واقصى ارتفاع لمركز تقل الجسم (متر)
19	متوسط الانجاز	الوسط الحسابي لقيم ارتفاع العارضة للمحاولات الناجحة (متر)



شكل (1) طريقة استخراج متغيرات ما قبل الارتقاء



شكل (2) طريقة استخراج متغيرات ما بعد الارتقاء

7-2 الوسائل الإحصائية:

تم استخدام برنامج (spss) ومنه استخرج الوسط الحسابي والانحراف المعياري ومعامل الاختلاف ومعامل الالتواء اختبار (Shapiro–Wilk) لاعتدالية التوزيع وقيمة (T-test) للعينات المستقلة وقانون حجم الاثر **(Cohens d)**.

3- عرض وتحليل ومناقشة النتائج:

3-1 عرض وتحليل ومناقشة قيم المتغيرات الكينماتيكية قيد البحث.

جدول (4) يبين الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية وقيمة (T) المحسوبة والجدولية ومعنى الدلالة لقيم المتغيرات الكينماتيكية وللبطولتين (لندن،2017) و (أثينا،1997).

ت	المتغير	بطولة 2017		بطولة 1997		قيمة (T) المحسوبة	قيمة (T) الجدولية	معنى الدلالة
		سَ	±ع	سَ	±ع			
1	عدد خطوات الركضة التقريبية	18.8	2.47	17.3	2.1	2.34	2.02	معنوي
2	سرعة الاقتراب الافقية من 11-6	9.36	0.14	9.07	0.22	5.59		معنوي
3	طول الخطوة قبل الأخيرة	2.17	0.09	2.07	0.71	0.70		غير معنوي
4	سرعة الخطوة قبل الأخيرة	8.88	0.22	8.6	0.16	5.21		معنوي
5	طول الخطوة الأخيرة	1.99	0.19	2	0.93	-0.05		غير معنوي
6	سرعة الخطوة الأخيرة	9.07	0.32	8.4	1.04	3.08		معنوي
7	عرض القبضة	0.64	0.068	0.65	1.02	-0.05		غير معنوي
8	موضع قدم الارتقاء	0.11	0.17	0.16	0.13	-1.18		غير معنوي
9	سرعة الارتقاء	8.31	0.58	7.84	0.15	4.00		معنوي
10	زاوية الاتجاه (الانطلاق)	17.33	3.23	20	2.03	-3.55		معنوي
11	زاوية الزانة	28.56	1.42	35.09	0.39	-22.58		معنوي
12	زاوية الركبة لحظة القفز يمين (مرجحة)	55.89	8.92	41	4	7.74		معنوي
13	زاوية الركبة لحظة القفز يسار (ارتكاز)	171	2.96	174	2.89	-3.66		معنوي
14	زاوية الورك لحظة القفز يمين (مرجحة)	150.9	12.69	120	9.71	9.79		معنوي
15	زاوية الورك لحظة القفز يسار (ارتكاز)	203.6	10.3	206	1.73	-1.17		غير معنوي
16	ارتفاع م.ث.ج عند الارتقاء	1.23	0.04	1.18	0.046	4.14		معنوي
17	ارتفاع التأرجح لمركز ثقل الجسم	4.45	0.18	5.71	0.17	-25.71		معنوي
18	ارتفاع تخطي مركز الكتلة	0.18	0.08	0.19	0.23	-0.21		غير معنوي
19	متوسط الإنجاز	5.86	0.13	5.75	0.18	2.49		معنوي

معنوي عند نسبة خطأ (0.05) امام درجة حرية (49) وقيمة (T) الجدولية (2.02)

من الجدول (4) يظهر لنا قيم الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية لقيم المتغيرات الكينماتيكية وكذلك قيمة (T) المحسوبة والجدولية وسنتطرق لمناقشة النتائج المعنوية، فمن خلال ملاحظة الجدول (4) يتبين لنا ان الفروق المعنوية كانت في (13) متغير وغير معنوية في (6) متغيرات وهذا الامر يشير الى ان نسبة الفروق بلغت (68%) معنوية و(34%) غير معنوية ومن هنا نستدل ان التكيف التطوري بلغ نسبة عالية أي الأداء الحركي اتخذ شكل مغاير وبنسبة (68%) على مدار (20عام) ويعتبر هذا الوضع متماشيا مع التكيف لسنوات طويلة اذ اشارت الأبحاث الى اختلاف قدرة الجسم على الاستجابة للتحديات الحركية والمورفولوجية (الخصائص الشكلية للعضلات والعظام) التي يفرضها أسلوب التدريب او المنافسات والتقنيات التي خضعت للتطور مع مرور الوقت الذي من شأنه تعزيز كفاءة الجسم وتحسين الأداء الذي يصب في تطور الإنجاز والذي ابدى تطورا كبيرا وملحوظ في قيم

المتغيرات الكينماتيكية (Hendrickse, P. W., Hutz, B., Korhonen, M. T., & Degens, H. (2025,p3.

فيما يخص متغير (عدد خطوات الركضة التقربية) الذي اظهر فرقا معنويا اذ نلاحظ زيادة في عدد الخطوات مما يؤكد تطور الأداء الحركي اثر على هذا المتغير اذ اصبح القافزين يعتمدون على زيادة تردد الخطوة اكثر من طول الخطوة والدليل على ذلك ان متغير طول الخطوات لم يظهر فروق معنوية أي انه لم يتأثر بالمدى الزمني، وجاء هذا الشكل من الأداء مترابطا مع معنوية (سرعة الخطوة ما قبل الأخيرة والأخيرة) أيضا من هنا نستدل ان الزيادة في سرعة الخطوات التقربية جاء نتيجة زيادة تردد الخطوات وليس طولها، واشارت الدراسات التي تناولت التحليل الحركي للقفز بالزانة انه زيادة السرعة التقربية امر بالغ الأهمية في الاقتراب لتوليد الطاقة الحركية التي يمكن استخدامها خلال التفاعل مع الزانة اذ اصبح هذا التفاعل بين العصا والجسم الرياضي يعتمد على السرعة (Schade,2007,p32).

وبالنسبة لمتغير (سرعة الارتقاء) الذي ابدى فرقا معنويا فانه يبين لنا مدى صحة وترابط الاحداث التي سبقت الارتقاء لأنها اثرت في سرعة ارتقاء القافز منه نستشف ان التكيف التطوري لقيم المتغيرات يكشف ان طرق وأساليب التدريب المتبعة قد ركزت وبشكل واضح على نقاط جوهرية في الأداء، فان زيادة سرعة الطيران له علاقة مباشرة بالارتفاع المتحقق من القفز (الإنجاز) لذلك اهتم المدربون في هذا الجانب (McGinnis, Peter M,2004.p533).

اما متغير (زاوية الاتجاه) والتي اظهرت فرقا واضحا فلو رجعنا الى قيم اوساطها الحسابية والتي بلغت (17.33) في عام 2017 في الوقت الذي بلغ وسطها الحسابي (20) في عام 1997 من هنا يتبين لنا ان التكيف التطوري الحاصل في قيم هذا المتغير يعطي شكلا واسلوبا مختلفا مما كان عليه الأداء سابقا اذ لجاء القافزين الى تقليل الزاوية مع الأفق ويفسر الباحث ذلك بسبب اختلاف نوعية العصا المستخدمة التي تطورت بشكل كبير وأصبحت مرنة اكثر مما كانت عليه في السابق الامر الذي غير من طريقة تفاعل جسم القافز معها الذي اصبح يسمح له بثني العصا بشكل اكبر بطريقة تجعله يخزن طاقة كامنة اكبر(Linthorne, Nicholas P., and A. H. Gemma Weetman,2012,p451).

وبما يتعلق بمتغير (زاوية الغرس) هي الاخرى أبدت فرقا معنويا ومتناسقا مع زاوية الانطلاق (الاتجاه) اذ بلغ وسطها الحسابي لعام (2017) (28.56) بينما لعام (1997) بلغ وسطها (35.09) اذ نلاحظ ان الزاوية تأثرت بأسلوب الأداء وتكيفت بنفس اتجاه التكيف التطوري لزاوية الانطلاق وهذا ما يتفق مع تعريف وشروط التكيف التطوري ان يكون ذا اتجاه واضح وليس عشوائي أي بمعنى ادق مقدار التغير او التأثر يكون متوازن وذا مدلول ميكانيكي بحيث ان الزاوية الأصغر للغرس كما أوضحت الدراسات المختصة (Outinen,2021,p10) ، ومن جانب اخر ان الزاوية الأصغر تمكن القافز من إطالة زمن الاتصال في لحظة الإقلاع الذي يسهل عليه تغيير أوضاع الجسم بشكل افضل واضافة طاقة كامنة الى العصا قبل انتهاء وقت الاتصال(Morlier, J. & Mesnard, M. 2007,p261).

اما عن زاوية الركبة للرجل اليمين (مرجحة) ومتغير زاوية الركبة للرجل اليسار (ارتكاز) ومتغير زاوية الورك يمين (مرجحة) هذه المتغيرات الثلاث جاءت بفروق معنوية من هنا نستنتج ان تفاعل السلاسل الحركية في لحظة القفز قد تغير وبشكل كبير وهذا واضح من خلال قيم زويا الجسم التي زادت اغلب قيمها عن ما كانت عليه في السابق وهذه الزيادة تفسر تغير في الإيقاع البايوميكانيكي للحركة أي التوزيع الزمني لتفاعل القوة في أجزاء الحركة و هذا يشير الى وجود تكيف تطوري بين الأداء السابق واللاحق ووجود متطلبات جديدة للأداء الحركي وجب على الباحثين متابعتها بشكل دقيق للحصول على مؤشرات الأداء الجيد ومحاولة تطويره، ومن جانب اخر يشير (صريح الفضلي،2010، 153) ان

التغير الزاوي في أجزاء الجسم اثناء الحركة مرتبط بمفهوم مؤشر النقل الحركي الميكانيكي أي نقل الزخم سواء بين أجزاء الجسم او من الجسم الى الأداة كل هذه التفاصيل تفسر لنا شكل جديد من الأداء الحركي ومختلف تماما عما كان عليه في السابق.

وبالنسبة لمتغير (ارتفاع مركز ثقل الجسم لحضه الارتقاء) الذي ابدى فرقا معنويا، اذ كان في السابق بوسط حسابي (1.18م) بينما أصبح فيما بعد (1.23م) بفارق (5سم) أي بمعنى أصبح اللاعب حديثا يلجأ لرفع مركز ثقله بشكل أكبر لحظة الارتقاء ولهذا الأداء تفسيرات كثيرة ومتداخلة منها نوعية العصا المستخدمة التي تطورت وأصبحت تسمح للقافز بانتهاج أسلوب حركي مغاير مما كان عليه سابقا وهذا الأسلوب يسهل ميكانيكية القفز ويدل على وضع (م.ث.ج) في وضع تشريحي وميكانيكي متناسق مع المسار الحركي الجديد الذي تطور باختلاف قيم زويا الجسم كما اسلفنا سابقا ، والهدف الذي يربو القافز للوصول اليه وهي حركات التأهب للطيران كما يسميها (قاسم حسن حسين:1998، 293) بشكل عام كلما زاد ارتفاع مركز ثقل الجسم في لحظة التأهب قل الجهد المطلوب من الطاقة الحركية لرفع الجسم وايصاله الى افضل حالة ميكانيكية حركية، كل هذه التفاصيل تفسر قيمة التكيف التطوري الحاصل على مدار (20 عام) التي أدت الى تغيرات كبيرة في السلوك والأداء اذ من خلال ذلك نستنتج ان هذا المتغير تعرض لعوامل التغير على المدى الزمني (التكيف التطوري) في العديد من العوامل التي اكد عليها (مروان عبد المجيد وايمان شاكر: 2014، 207) منها الخصائص الميكانيكية، واستراتيجيات المناهج التدريبية التي تعكس تحسنا واضحا في القوة والتقنيات المستخدمة في القفز مثل السرعة للركضة التقربية وتوقيت الانطلاق وزاوية الغرس وزاوية الانطلاق .

اما فيما يخص متغير (ارتفاع التأرجح لمركز ثقل الجسم) والذي ابدى فرقا معنويا وبزيادة في وسطه الحسابي وبفارق كبير اذ بلغ الفارق في الوسط الحسابي له (1.26م) وهذا الفرق يفسر مقدار التغيير والتطور بل يعطينا صورة واضحة عن أسلوب حركي جديد ومختلف عما كان عليه الأداء في السابق، اذ نستنتج ان الأسلوب الجديد المتبع اصبح يعتمد على العصا بمواصفتها الجديدة بدرجة كبيرة أي بقاء اللاعب متصلا بالعصا لأعلى مسافة مع المحافظة على مركز ثقله قريب منها كل ذلك أدى الى مجموعة فوائد ميكانيكية التي اكد عليها (صريح الفضلي و وهبي علوان: 2012، 241) شغل المرونة التي تعني قوة مختزنة تؤدي في لحظة من اللحظات الى قطع مسافة اكبر كلما زاد انثناء العصا أي قوة الضغط والتي تستوجب من الرياضي ان يسلط قوة ضاغطة على العصا بشكل اكبر وعند زوال القوة الضاغطة بسبب التعلق الذي يؤديه القافز على شكل حرف (L) مقلوب يؤدي ذلك الى رجوع العصا الى وضعها الطبيعي حسب قانون بقاء الطاقة اذ تتحول طاقة الجهد الى شكل اخر من الطاقة وهي الطاقة الحركية او طاقة الوضع، هذا ما يفسر زيادة بقاء اللاعب متصلا بالعصا أي زيادة في مسافة التأرجح.

وفيما يخص (متوسط الإنجاز) خلال الفترة الزمنية (1997الى2017) الذي اظهر فرقا معنويا وبفارق (11سم) كوسط حسابي والذي استمر في التطور الى وقتنا الحالي فهو ناتج من عدة أسباب متداخلة منها المواد المصنعة (ألياف الكربون) اذ تطورت صناعة الزانات باستخدام مواد مثل ألياف الكاربون والالياف الزجاجية، مما زاد من مرونة الزانة وقدرتها على تخزين الطاقة وإطلاقها بقوة أكبر لصالح القافز وكذلك التحليل الحركي ساعد تطور التكنولوجيا في تحديد المتغيرات الحركية بدقة، مما مكن المدربين من تحسين زوايا الاداء وسرعة الركض لزيادة الارتفاع كل هذه الأسباب لا يفسرها الا مبدأ التكيف التطوري على اعتباراها وحدة واحدة لا يمكن تجزئتها فان تطور الأداة بدون حساب القدرة على التفاعل معها بحدود الامن والسلامة تصبح عديمة الفائدة لذلك اشارت العديد من الدراسات مثل دراسة (Linthorne:2012,P215) الى وضع معادلات رياضية خاصة مبنية على هذا المبدأ لحساب الانثناء

المثالي لعصا الزانا (الانثناء المثالي= ثابت الصلابة × مقدار الانحناء التي تتعرض له لحظة الضغط) وكذلك حساب مقدار الطاقة المخزونة في العصا(طك للعصا = $\frac{1}{2}$ ثابت الصلابة × الانحناء).

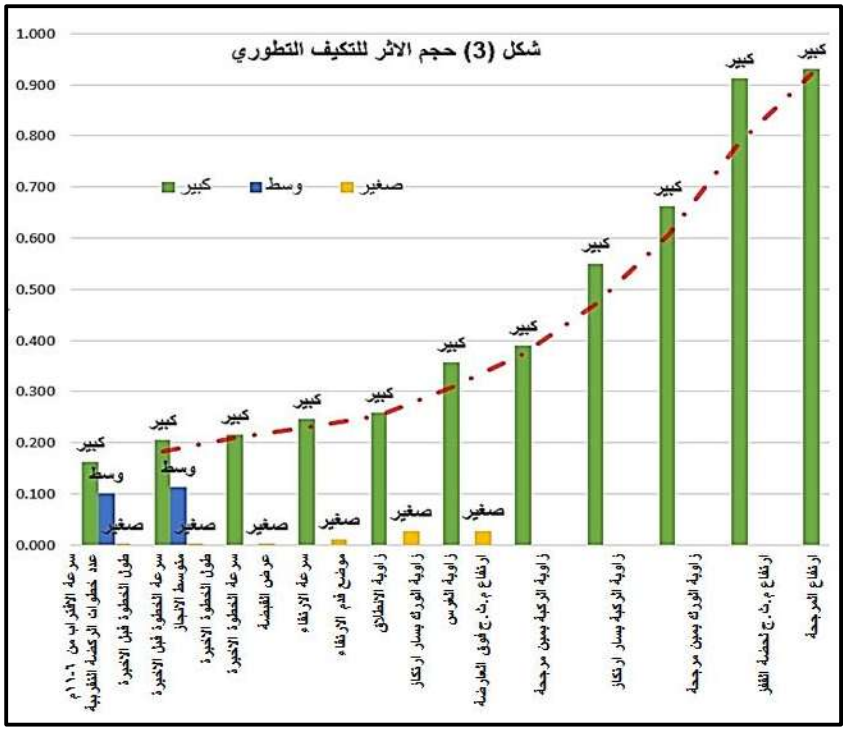
2-3 عرض وتحليل ومناقشة قيم المتغيرات الكينماتيكية قيد البحث.

جدول (5) يبين الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية وقيمة حجم الاثر ونوع الاثر لقيم المتغيرات الكينماتيكية وللبطولتين (لندن،2017) و (أثينا،1997).

ت	المتغير	بطولة 2017		بطولة 1997		حجم الاثر	نوع الأثر*
		سَ	±ع	سَ	±ع		
1	عدد خطوات الركضة التقريبية	18.8	2.47	17.3	2.1	0.10	وسط
2	سرعة الاقتراب الافقية من 11-6	9.36	0.14	9.07	0.22	0.39	كبير
3	طول الخطوة قبل الأخيرة	2.17	0.09	2.07	0.71	0.01	صغير
4	سرعة الخطوة قبل الأخيرة	8.88	0.22	8.6	0.16	0.36	كبير
5	طول الخطوة الأخيرة	1.99	0.19	2	0.93	0.00	صغير
6	سرعة الخطوة الأخيرة	9.07	0.32	8.4	1.04	0.16	كبير
7	عرض القبضة	0.64	0.068	0.65	1.02	0.00	صغير
8	موضع قدم الارتقاء	0.11	0.17	0.16	0.13	0.03	صغير
9	سرعة الارتقاء	8.31	0.58	7.84	0.15	0.25	كبير
10	زاوية الاتجاه (الانطلاق)	17.33	3.23	20	2.03	0.20	كبير
11	زاوية الزانة	28.56	1.42	35.09	0.39	0.91	كبير
12	زاوية الركبة لحظة القفز يمين (مرجحة)	55.89	8.92	41	4	0.55	كبير
13	زاوية الركبة لحظة القفز يسار (ارتكاز)	171	2.96	174	2.89	0.21	كبير
14	زاوية الورك لحظة القفز يمين (مرجحة)	150.9	12.69	120	9.71	0.66	كبير
15	زاوية الورك لحظة القفز يسار (ارتكاز)	203.6	10.3	206	1.73	0.03	صغير
16	ارتفاع م.ث.ج عند الارتقاء	1.23	0.04	1.18	0.046	0.26	كبير
17	ارتفاع التأرجح لمركز ثقل الجسم	4.45	0.18	5.71	0.17	0.93	كبير
18	ارتفاع تخطي مركز الكتلة	0.18	0.08	0.19	0.23	0.00	صغير
19	متوسط الإنجاز	5.86	0.13	5.75	0.18	0.11	وسط

***حجم الأثر (Cohens d) (0.10 الى اقل من 0.06) صغير، (0.06 الى اقل من 0.14) متوسط 0.14 فما فوق كبير (حسين مردان عمر:2025، 106).**

ان معادلة حجم الأثر من وجهة نضر الإحصاء ترتبط مع الأداء الحركي لتوضح قوة العلاقة او حجم الفرق اذ تشير القيمة الأكبر الى مقدار تأثير هذا المتغير الذي حصل عليها أي انه يتأثر بعوامل التكيف التطوري بشكل كبير يختلف عن بقية المتغيرات وبمعنى ادق له قيمة تطبيقية في السلوك الحركي ويحدد الأولويات للمدربين والباحثين، ومن جانب اخر ان النتائج التي حصلنا عليها من الاختبار الاحصائي (قيمة T) وللتأكد من مدى موثوقيتها لابد من اللجوء الى قانون احصائي اخر مثل حجم الأثر الذي يمكن من خلاله الاطمئنان لموضوعية الدلالة الإحصائية ومعرفة الأثر الكامن خلفها اذ يعتبر حجم الأثر طريقة عالية الموضوعية وكذلك قياس معياري يمكن الباحث من مقارنة حجوم الاثار المختلفة في التجارب المتعددة (محمد الياسري و حسين مردان وهشام هنداوي: 2011، ص208) وهذا ما ينبق على اهداف البحث على اعتبار ان الباحث قارن بين بطولتين (أي تجربتين) في ازمنة مختلفة .



من خلال مراجعة الجدول (5) والشكل (3) يتبين لنا ان المتغيرات التي حصلت على فروق معنوية في قيمة (T) كانت متفاوتة في حجم أثرها عبر الزمن بل حتى المتغيرات التي لم تحصل على فروق معنوية هي الأخرى كانت ذا أثر واهمية مختلفة، أي ان التكيف التطوري لقيم المتغيرات خلال (20 عام) تعرضت لتطور يختلف باختلاف الأسلوب الحركي المتبع وكذلك عوامل التطور في الأجهزة والأدوات كما اسلفا سابقا وسنتطرق هنا الى اهم المتغيرات الكينماتيكية التي حصلت على حجم أثر عالي لتوضيح الأسباب وراء ذلك الحجم من التأثير.

فمثلا متغير (ارتفاع المرجحة) الذي حصل على حجم اثر عالي هذا يقودنا الى ان تطور الأداء الحركي ركز وبشكل كبير على الارتفاع من لحظه الانطلاق الى لحظة الوصول الى العارضة وذلك يؤكد مناقشاتنا السابقة اذ ان التطور في العصا أدى الى تغير شكل الأداء باتجاه تطوير هذا المتغير الذي اصبح له تأثير كبير في الأداء الكلي او النتيجة النهائية للقفز أي انه وفق شكل الأداء الجديد اصبح هذا المتغير يلعب دورا محوريا ويجب ان يتم التركيز عليه من قبل المدربين والباحثين باعتباره المفتاح الأكثر أهمية، وغالبا ما تؤكد الدراسات ان السبب الحقيقي وراء ذلك هو الانحناء المثالي لعصا الزانا فضلا عن التفاعل معها وطريقة نقل الزخم بين أجزاء الجسم التي تكيفت مع مرونة العصا كل ذلك يصب في تحقيق ارتفاع مرجحة مختلف تماما عما كان عليه قبل (20 عام) (Gudelj:2013,P29).

ومن خلال الجدول (5) والشكل (3) يتضح لنا عدد ونوعية المتغيرات التي حصلت على حجم اثر كبير وهي (ارتفاع م.ث.ج لحظة القفز) و (زاوية الورك للجهة اليمين مرجحة) و(زاوية الركبة للجه اليسار ارتكاز) و(زاوية الركبة يمين مرجحة) و (زاوية الغرس) و (زاوية الانطلاق) و (سرعة الارتقاء) و(سرعة الخطوة الأخير) و(سرعة الخطوة ما قبل الأخيرة) و (سرعة الاقتراب في مسافة 6 الى 11م)،

فمن خلال ذلك يمكن ان نستنتج ان حجم الأثر في هذه المتغيرات لم يكن وليد الصدفة وانما يمثل نموذج حركي جديد يقع تحت تأثير المتطلبات الميكانيكية الخاضعة للتكيف التطوري عبر الزمن، فنلاحظ ان المتغيرات الكينماتيكية ذات حجم اثر كبير أربعة منها كانت لزويا الجسم وكذلك زاوية الغرس فهذا يدلنا على وجود تغير زاوي للأداء الحركي والذي يفسر من وجهة نضر البايوميكانيك لأسباب متعددة ومتداخلة فيما بينها منها يعتبر التغيير الزاوي مؤشرا على (التحكم الحركي) والذي يمثل الية تنظيم الجهاز العصبي للتوافقات الحركية بمعنى البناء الوظيفي لإنتاج الحركة ويفسر على انه قدرة الرياضي على تحريك أجزاء الجسم للمكان الصحيح في التوقيت المناسب (طلحة حسام الدين :2014،ص13) .

اما عن متغير (زاوية الانطلاق الاتجاه) التي اضهرت حجم أثر كبير أي انها تعرضت للعوامل السابقة الذكر ويفسر الباحث ان مقدار التغير في هذه الزاوية هو مؤشر على تكيف إيقاع الحركة من خلال تحريك أجزاء الجسم والاداة في مسار الحركة الجديد متوافقا واستجابة للعوامل التي خلقت ظروف بيئية مغاير للأداء السابق (حامد احمد:2014، ص67).

اما عن متغيرات السرعة بشكل عام (متغير سرعة الاقتراب الخطية وسرعة الخطوة قبل الأخيرة والأخيرة) كل هذه المتغيرات أبدت تأثر عالي أي حجم اثر كبير وهذا دليل قاطع على التكيف التطوري في ايقاع الحركة كما اوضحنا سابقا مترابط مع التكيف الزاوي أي ان الفروق المعنوية التي حصل عليها الباحث لم تكن عشوائية او نتيجة الصدفة بل انها مشروطة بأهم شروط التكيف التطوري وهي الابتعاد عن العشوائية في الفروق المعنوية وهذا ما يتفق مع مصطلح (التوافق الحركي) المقترن بإمكانيات الجهاز الحركي على تنظيم القوة الداخلية مع المقاومة الخارجية وهو نوع من تعامل الفرد مع بيئته (ناهدة عبد زيد:2016،ص41)، وان الرابط المشترك بين التغير الزاوي الذي حصلنا عليه من قيم الزوايا والزيادة في متغيرات السرعة لها مدلول واضح فان زوايا شد العضلة تتغير بتغير زاوية المفصل التي تحدد كل من الناتج الانتقالي (الخطي) والناتج الدوراني لعمل العضلات وكل هذا يصب في مفهوم زيادة السرعة (حسين مردان:2023،ص120).

اما عن المتغيرات التي حصدت حجم اثر صغير مثل (طول الخطوة خيرة وما قبل الأخيرة وعرض القبضة لحضه الارتقاء وموضع قدم الارتكاز لحظة الارتقاء و زاوية الورك يسار ارتكاز و الارتفاع فوق العارضة) منها نستنتج ان هذه المتغيرات لم تخضع لمفهوم التكيف التطوري عبر الزمن، ويفسر الباحث ذلك لأسباب ميكانيكية بحتة وهي بعيدة كل البعد من ان تكون قصورا في الأداء او في طرق وأساليب التدريب المتبعة آنذاك بل على العكس تماما هي دليل قاطع على مصداقية ما حصلنا عليه من نتائج مثلا الارتفاع فوق العارضة لمركز ثقل الجسم لم يحصل على حجم اثر عالي فهذا منطقي جدا كون ان الأداء خلال (20 عام) الماضية يتصف بالاقتصادية العالية لذلك كانت قيم هذا المتغير متقاربة جدا ولم تبدي فرقا معنويا او حجما كبيرا في اثرها، وكذلك طول الخطوتين الأخيرتين ومن مفهوم التكيف التطوري يتضح لنا ان طول الخطوتين الأخيرتين الذي لم يسجل حجم اثر كبير دل دلالة واضحة على التكيف التطوري لربما يكون ذلك مغايرا للمفهوم العام ولكن في الحقيقة وكما قلنا سابقا فان ذلك يتفق مع المنطق اذ انه يسمح للقافز بزيادة كفاءته الحركية دون الحاجة لجهد كبير الذي يتطلبه طول الخطوة وهذا تكيف بحد ذاته لتقليل استهلاك الطاقة وكذلك إعطاء حرية اكبر للمفاصل باتخاذ زويا معينة ومسار حركي يسهل عمليات أخرى لاحقة (حسين مردان:2018،ص53).

4 – الاستنتاجات والتوصيات:

4-1 الاستنتاجات:

1- ان التكيف التطوري بلغ نسبة عالية أي الأداء الحركي اتخذ شكل مغاير وبنسبة (68%) على مدار (20عام).
2- ان الزيادة في سرعة الخطوات التقربية جاء نتيجة زيادة تردد الخطوات وليس طولها يعطي مكسبا ميكانيكيا للقافز وهو زيادة التوازن والتحكم ويسمح للقافز بزيادة كفاءته الحركية دون الحاجة لجهد كبير الذي يتطلبه طول الخطوة.
3- سرعة الارتقاء تكيفت مع تتطور العصا ومرونتها مما سمح بزيادة الارتفاع أي الإنجاز لذلك لجأ القافزين الى تقليل زاوية الانطلاق لموصفات العصا التي تغيرت خلال (20عام) وأصبحت أكثر مرونة وقابلية على خزن الطاقة.
4- زاوية الغرس تأثرت بأسلوب الأداء وتكيفت بنفس اتجاه التكيف التطوري لزاوية الانطلاق أي أصبحت أصغر مما كانت عليه قبل (20 عام) وهذا يسمح بعدم تبديد وضياع الطاقة وحركية والسرعة.
5- أصبح اللاعب حديثا يلجأ لرفع مركز ثقله بشكل أكبر لحظة الارتقاء وهذا التكيف التطوري يقلل من الجهد المطلوب لرفع الجسم والتعلق وايصاله الى أفضل حالة ميكانيكية حركية.
6- ان الأسلوب الجديد المتبع أصبح يعتمد على العصا بمواصفتها الجديدة بدرجة كبيرة وفر فوائد ميكانيكية هذا ما يفسر زيادة بقاء اللاعب متصلا بالعصا أي زيادة في مسافة التأرجح.
7- جميع المتغيرات التي حصلت على حجم أثر عالي خضعت الى مبدأ التكيف التطوري وعكست سلوكا حركيا جديدا.
8- جميع المتغيرات التي لم تسجل حجم أثر عالي لم تخضع للتكيف التطوري ولكن لأسباب ميكانيكية بحتة وهي بعيدة كل البعد من ان تكون قصورا في الأداء او في طرق وأساليب التدريب المتبعة آنذاك.

4-2 التوصيات:

1- ضرورة اجراء دراسات مقارنة على المدى الزمني الطويل من شأنها تحديد حجم الأثر لقيم المتغيرات البايوميكانيكية وكفاءة الطرق والأساليب التدريبية وتقييم تطور الأجهزة والأدوات الرياضية.
2- تحسين تقنيات التدريب على ضوء فهم التكيف التطوري خاصة فيما يتعلق باستخدام محاكات الكفاءة الحركية.
3- مراعات الأساليب الحركية وطرق تكيفها مع تطور العصا وتحقيق الفائدة المثلى من مرونة العصا لزيادة الإنجاز.
4- دراسة المتغيرات ذات حجم الأثر الصغير والمتوسط من جواب مختلفة مثل الفسيولوجيا والتدريب.
5- محاولة اجراء دراسات تحلل متغيرات مختلفة عن الدراسة الحالية وبشكل أكثر تعمقا خاصة إذا كانت كينتيكية.
6- تطبيق نتائج الدراسة الحالية واستغلالها في البرامج التدريبية للاعبين المحليين والعرب الذي بدوره يختصر الكثير من الوقت والجهد من خلال التوجه للمتغيرات التي أبدت حجم أثر أكبر في الأداء الحركي.

المصادر العربية

1- حسين مردان البياتي: مواضيع في البايوميكانيك، ط3، ديالى مطبعة جامعة ديالى،2025، ص4.
2- صريح الفضلي: تطبيقات البيوميكانيك في التدريب الرياضي والأداء الحركي، عمان، دار دجلة، 2010، ص153.
3- قاسم حسن حسين: موسوعة الميدان والمضمار، ط1، عمان، دار الفكر، 1998، ص293.
4- مروان عبد المجيد وايمان شاكر: التحليل الحركي البايوميكانيكي في مجلات التربية البدنية والرياضة، عمان، الرضوان للنشر والتوزيع،2012، ص207.
5- صريح الفضلي ووهبي علوان: البيوميكانيك الحيوي الرياضي، بيروت، لبنان، الغدير للطباعة،2012، ص241.
6- حسين مردان البياتي: الإحصاء في مناهج البحث العلمي، ط1، ديالى، مطبعة جامعة ديالى،2025، ص106.
7- محمد الياسري وحسين مردان وهشام هنداوي: الإحصاء التحليلي بين النظرية والتطبيق النجف الاشرف، دار الضياء،2011، ص208.
8- طلحة حسام الدين: التعلم والتحكم الحركي، ج1، ط1، القاهرة مركز الكتاب الحديث،2014، ص13.
9- نجاح مهدي شلش: التعلم والتطور الحركي للمهارات الرياضية، ط1، مطبعة الايك للطباعة،2011، ص285.
10- حامد احمد عبد الخالق: علوم دراسة الحركة الرياضية، القاهرة، مطبعة المليجي، 2014، ص67.
11- حسين مردان البياتي: البايوميكانيك والرياضة، ط1، مطبعة جامعة ديالي،2023، ص120.
12- ناهدة عبد زيد: اساسيات في التعلم الحركي، ط1، عمان، دار المنهجية للنشر والتوزيع،2016، ص41.
13- حسين مردان البياتي واياد عبد الرحمن: البايوميكانيك في الحركات الرياضية، ط2، النجف الاشرف، شركة مطبعة المارد،2018، ص53.

المصادر الانكليزية

14- Schade, Falk, Juha Isolehto, Adamantios Arampatzis, Gert-Peter Brüggemann, and Paavo Komi. "Biomechanical Analysis of the Pole Vault at the 2005 IAAF World Championships in Athletics." *IAAF World Championships in Athletics Final Report* 22, no. 2 (2007): 29-45.
15- Linthorne, Nicholas P., and A. H. Gemma Weetman. "Effects of Run-up Velocity on Performance, Kinematics, and Energy Exchanges in the Pole Vault." *Journal of Sports Science and Medicine* 11 (2012): 245-254.
16- McGinnis, Peter M. "Evolution of the Relationship Between Performance and Approach Run Velocity in the Women's Pole Vault." *Isas 2004 / Ottawa, Canada*, 531. Department of Exercise Science and Sport Studies, SUNY College at Cortland, Cortland, New York, USA.
17- Outinen, P. (2021). *Determining the relationship between run-up and take-off characteristics and performance in top-level pole vaulters using deep learning-based markerless motion capture* (Master's thesis, University of Jyväskylä, Faculty of Sport and Health Sciences). University of Jyväskylä.
18- Morlier, J. & Mesnard, M. 2007. Influence of the moment exerted by the athlete on the pole in pole-vaulting performance. Journal of Biomechanics 40, 2261-2267.
19- Linthorne, N. P., & Weetman, A. H. G. (2012). Effects of run-up velocity on performance, kinematics, and energy exchanges in the pole vault. *Journal of Sports Science and Medicine, 11*(3), 245-254. Retrieved from.
20- Gudelj, I., Zagorac, N., & Babić, V. (2013). Influence of kinematic parameters on pole vault results in top juniors. *Coll. Antropol.*, *37*(Suppl. 2), 25–30.
21- Édouard, P., Sanchez, H., Bourrillon, C., Homo, S., Frère, J., & Cassirame, J. (2019). Biomechanical pole vault patterns were associated with a higher proportion of injuries. *Frontiers in Sports*, *6*, Article 00020.
22- Gravestock, H., Bissas, A., & Merlino, S. (2017). *Biomechanical report for the IAAF World Championships London 2017: Pole vault men's*. Carnegie School of Sport, Leeds Beckett University, & IAAF.
23- Brüggemann, G.-P., Koszewski, D., & Müller, H. (Eds.). (1997). *Biomechanical research project Athens 1997: Final report*. International Athletic Foundation.
24- Lin, Y.-H., Chen, J.-Y., & Lin, K.-J. (2025). Comment on "A 10-year longitudinal study of muscle morphology and performance in master's sprinters" by Hendrickse et al. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*.