علاقة التأثير لبعض المتغيرات الزاوية على مركز ثقل الجسم لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي

[*] د/ الحسين صلاح محمد
[**] د/ الأمير عبد الستار حسن

المقدمة ومشكلة الدراسة:

أصبح الحصول على المراكز المتقدمة في جميع المسابقات الرياضية ومنها مسابقات الميدان والمضمار معياراً لدى العديد من الدول المتقدمة بالأنشطة الرياضية حيث أصبحت واجهة حضارية تعكس مدى التقدم لتلك البلدان. وذلك من خلال العمل الصحيح المبني على أسس علمية لحل جميع المشكلات التي يعاني منها الرياضيون، بالاعتماد على التطبيقات المتداخلة لجميع العلوم الرياضية، وابتكار العديد من الأساليب التدريبية الحديثة وترجمتها على أرض الواقع للاستفادة منها في العملية التدريبية للوصول إلى أعلى مستوى من الإنجاز.

تعتبر الميكانيكا الحيوية في مقدمة العلوم التي تهتم بدراسة وتحليل الأداء الإنساني مستخدماً في ذلك أساليب ووسائل متباينة، والذي يشتمل علي التعريف الكيفي للخصائص المعيارية للحركة، حيث يجهز البحث البيوميكانيكي المعلومات البيوميكانيكية مدى الحركة – زويا الجسم – الطول للمؤدى الماهر وغير الماهر وهذه الابحاث يمكن استخدامها عمليا لأن المدرب ربما يكون قادر علي ملاحظة بعض هذه المتغيرات. (٩١:١٥)

وإن السعي للوصول إلى درجات التقدم والرقى مستمر حيث أن القدرات البشرية تعتبر من القدرات اللامحدودة حيث يعتبر الأداء الفائق للاعبي المستويات العليا والذى يتعدى مستوى التصور والمعرفة بطبيعة الأداء البشرى دليلاً على وصول درجات الإنجاز البشرى إلى حدود الإعجاز.

ومن هنا تأتى أهمية دراسة النواحي الإجرائية في تشخيص الأداء، وذلك من خلال مناقشة أساليب التعامل مع الحركة، وكيفية إخضاعها للدارسة الموضوعية. (١٣ :٣٩)

حيث يعتبر التحليل التحركي أداة التعامل مع كافة المهام المرتبطة بالأداء المهارى حيث يعتمد هذا التحليل في أسسه وقواعده على الدخول إلى عمق الأداء البشرى وكشف أسراره من خلال إفادات العديد من العلوم المرتبطة بالإنسان، ومن أهم هذه الإفادات ما يختص بالأسس التشريحية والحركات الأساسية لأجزاء الجسم وأساليب مساهمتها في زيادة فاعلية الأداء في ظل بيئة ميكانيكية تحكمها العديد من القوانين الطبيعية (١١ : ٢٣).

ومن خلال ما سبق يتضح أن الفوز بالمنافسة الرياضية لم يعد وليد الصدفة، ولكنة ناتج عن البحث والتجارب والخبرات العلمية والعملية التي تعتمد في قوامها على مجموعة من المبادئ

[*] أستاذ مساعد علم حركة بقسم التدريب الرياضي وعلوم الحركة– كلية التربية الرياضية– جامعة أسيوط– مصر.
[**] أستاذ مساعد بقسم التدريب الرياضي وعلوم الحركة– كلية التربية الرياضية– جامعة أسيوط– مصر.

الأساسية المنتقاة من نظريات وقوانين العلوم المرتبطة بالنشاط الحركي للجسم البشرى (علم الحركة، علم الميكانيكا الحيوية، وغيرها من العلوم الأخرى والتي تم صياغتها بطريقة سهلة وواضحة وبشكل تطبيقي يفسر حركة الانسان ويتيح للمدربين واللاعبين إمكانية تجميع مادة علمية عريضة تشكل الأساس العلمي لكل التعميمات في المجال الرياضي، مما يجعل المنافسة الرياضية على المستوى الدولي منافسة بين علماء الدول المشتركة جنباً إلى جنب مع المدربين واللاعبين.

وفهم البيوميكانيك سيؤدى حتما إلى فهم الأساسيات المتعلقة بالنواحي التشريحية والفسيولوجية والميكانيكية لحركة الرياضي وهذا سيساعد بلا شك في تعلم وتعليم المهارات وتحسين الأداء الحركي الدقيق، بالإضافة إلى أن فهم المبادئ البيوميكانيكية تساعد اللاعب في قدرته على إدراك الخطأ عند التقدير العشوائي لأسلوب لاعب معين خصوصاً وإن الميزات البدنية للاعبين ليست متماثلة فيما بينهم كالقوة والسرعة والتوافق والقدرة والمرونة والميزات الجسمانية بالإضافة إلى عدم تماثل الخواص النفسية مما قد يؤدى إلى نتائج عكسية. (١٢ : ٢٦)

وتعتبر الدراسات البيوميكانيكية للحركات الرياضية من الوسائل الموضوعية لتقييم الأداء المهاري والعمل على تطويره أو تعديله لما تتضمنه من أساليب موضوعية في التقييم من قياس للمسافات والأزمنة والقوى المؤثرة على تلك الحركات في شكل رقمي. وعلم البيوميكانيك من العلوم التي تهدف إلى تفهم التكنيك الرياضي بمختلف النظم والإجراءات العلمية لتطويره وتحسينه وترشيد عملية التدريب، للوصول بالرياضي إلى اعلى مستوى من الأداء الحركي والمهاري، كما أنه العلم الذ ينطبق فيه كافة المعارف والمعلومات وطرق البحث بالتكوين البنائي والوظيفي الجهاز الحركة في الإنسان. (١٨: ١١–٨)

يشير **عثمان حسين رفعت** (١٩٩٣) إلى أن الخصائص البدنية لأبطال العالم في مختلف المسابقات تلقي العديد من الأضواء على طبيعة وخصائص أدائهم بغرض الاستفادة منها واستخلاص أهم المبادئ التي يمكن الاسترشاد بها خلال عملية التدريب ومسابقات الوثب والقفز من المسابقات ذات الخطوات الفنية التكنيكية ويجب التعرف على خصائصها الكمية والنوعية ولابد أن تتعرض بإيجاز المتغيرات الحركية والجسمية المؤثرة على مستوي أداء لاعبي المستويات العالية:

المسافة : هي مسافة الوثب ككل

مسافة الارتقاء: هي المسافة بين قدم الارتقاء ومركز ثقل الجسم للإمام لحظة الارتقاء.

مسافة الطيران: هي المسافة التي يقطعها الجسم في الهواء

مسافة الهبوط: هي المسافة بين مكان هبوط القدمين ومركز ثقل الجسم (١٦: ٦، ٧)

ويشير (Guthrie, 2003) أن من أسباب تطور مستوى الإنجاز في فعالية الوثب الثلاثي هو تطور طرق التدريب المستخدمة واستخدام الأجهزة والأدوات والمعدات التدريبية الحديثة والخاصة بالمنافسة كالأجهزة المستخدمة في تنمية عناصر اللياقة البدنية العامة والخاصة، والإمكانات والمنشأت وملابس وأحذية اللاعبين) وكذلك تطور طرق ووسائل تحليل الأداء المتبعة التي تمخضت من نتائج الدراسات والبحوث والتجارب العلمية، نتيجة للتكنولوجيا والأجهزة المخبرية في دراسة دقائق حركة الجسم والذي أدى إلى تطور مستويات الأداء الحركي وعليه فإن الأسس الميكانيكية مهمه جداً في تطوير وتحسين الأداء الرياضي في ألعاب القوى حيث تمكن المدرب أو اللاعب من معرفة الأخطاء الحركية لتفاديها (٣٧)

وفعالية الوثب الثلاثي من فعاليات ألعاب القوى متعددة المراحل التي تتكون من الاقتراب وثلاثة مراحل ارتقاء وثلاثة مراحل طيران حيث يعتمد الإنجاز على سرعة الاقتراب والتناسب بين مسافات الطيران الثلاثة (Coh & Kugovnik، ٢٠١١) فعنصر السرعة من العناصر الهامة التي ينبغي أن يتصف بها الواثب حيث تساعده في اكتساب سرعة أفقية من خلال الاقتراب التي تمكنه من عملية الارتقاء، وإن اعتماد الواثب على السرعة لوحدها لا يحقق تقدماً بل من المؤكد أن تسير القوة جنباً إلى جنب مع السرعة التي تلعب دوراً هاماً في عمليات الارتقاء الثلاثة (الحجلة، والخطوة، والوثبة في الوثب الثلاثي (Guthrie، ٢٠٠٣).

ويوضح Ishii (٢٠١٧م) بأنه لكي يتمكن الواثب من الإنجاز في فعالية الوثب الثلاثي يجب أن تكون لديه القدرة على الارتقاء وإعادة الارتقاء بعد الهبوط وكذلك أن يوازن في توزيع جهده على الارتقاءات الثلاثة (Ishii, T., Ae, M., Suzuki, Y. & Kobayashi, 2017) (٤٥)

ويشير *Allen* وآخرون (٢٠١٦م) بأن المحافظة على السرعة المثالية في الحجلة والخطوة والوثبة إذ تعتبر عاملاً أساسياً لتحقيق أعلى مسافة أفقية في الوثب الثلاثي وإن اللحظة الحاسمة في الوثب الثلاثي عند الانتقال من ارتقاء لآخر. (٢٥)

ويؤكد Hay (١٩٩٩م) بأنه عند تحليل تكنيك الوثب الثلاثي نجد أنه مبني على قانون المقذوفات الذي ينادي بأن مسافة الوثب تعتمد على : أ– سرعة مركز الثقل لحظة الارتقاء التي تتكون المحصلة السرعة العمودية والأفقية، ب– وزاوية مركز الثقل لحظة الارتقاء التي تعتمد على التناسب بين السرعة العمودية والأفقية، ج – ارتفاع مركز ثقل الجسم لحظة الارتقاء، وهذه تعتبر مهمة في التنبؤ بالإنجاز للوثب الثلاثي. (٤٠: ٣٦– ٥١)

وتعد مسابقة الوثب الثلاثي إحدى مسابقات الوثب في العاب القوى التي تتطلب مواصفات واستعدادات وقدرات خاصة لدى الاعبين نظرا لصعوبة طريقة الاداء الفني التي تفرض على اللاعب تكرار وتبادل الارتكاز والارتقاء على كلتا القدمين وتعتبر هذه الارتكازات من وجهة النظر الميكانيكية من اهم واصعب مراحل الاداء حيث يتم تغيير حجم واتجاه كل من السرعة والقوة معا خلال كل ارتكاز (١٨٤:٣٦)

وتتميز مسابقة الوثب الثلاثي انها إحدى مسابقات الوثب الذي يمثل هدفها الميكانيكي الأساسي في تحقيق أقصى مسافة أفقية وفي ضوء هذا الهدف يعتمد اللاعب على أداء واجبات حركية خاصة وفق متطلبات الأداء الفنية لإنجاز هدف المسابقة ويعتبر الأداء الحركي في مسابقة الوثب الثلاثي يتكون من اقتراب والحجلة فالخطوة ثم الوثبة وأخيرا الهبوط، حيث يتطلب أدائها قدرات توافقية وفنية خاصة (٦٧ : ٣٦٣-٣٧٠)

ونجد من وجهة النظر الميكانيكية تعتبر مسابقة الوثب الثلاثي من المسابقات التي يقذف الجسم من أجلها لتحقيق أقصي مسافة أفقية مع تحقيق مستوي عالي من السرعة الأفقية للأداء بجانب ذلك تكون نقطة الانطلاق ليس هي نقطة الهبوط لذلك يخضع مركز ثقل الجسم فيه إلى قانون المقذوفات من الاسطح المائلة في لحظة الارتقاء وقبل الوثبة تتجمع فيها مقادير مختلفة لسرعة وزاوية وارتفاع الانطلاق ويعتبر من أهم العوامل الأساسية التي تؤثر بشكل مباشر علي قوس الطيران بجانب ذلك يوجد ظواهر طبيعية مثل قوة الجاذبية الأرضية ومقاومة الهواء والرياح. ويعتبرا عاملان مهمان في التأثير علي حركة الجسم أثناء مساره كمقذوف مائل. (١٤: ٤٧)

وتعتبر مسابقة الوثب الثلاثى من المسابقات المركبة والصعبة في مسابقات الميدان والمضمار والتى لا تجذب العديد من الممارسين نظرًا للصعوبة المتمثلة فى التعليم والتدريب عليها، وحيث أن هذه المسابقة تمثل درجة عاليه من الصعوبة في الأداء مما أدى إلى قصور واضح في قاعدة الممارسين لها وكان لذلك الأثر الواضح في انحصار قاعدة الممارسين على عدد محدد (١٨: ٢٤)

وإذا ما نظرنا للفجوة ما بين مستوى الانجاز العربي والعالمي في مسابقة الوثب الثلاثي، وغياب العدائين العرب عن نهائيات البطولات العالمية لوجدنا أن هناك دافعاً قوياً للباحثين للتدقيق تفاصيل أداءات المستويات العليا وتقديمها في صورة مبسطه للمدربين لمحاولة محاكاتها في سبيل دفع تطور مستوى الانجاز المصري والعربي أسرع مما هو عليه.

ولقد تناول العديد من الباحثين والهيئات المتخصصة هذا المسابقة بالدراسة وما استجد فيه من احداث مثل دراسة الن.س واخرون (٢٠١٣) (٢٤) Allen S بعنوان "المفاضلة بين السرعات الأفقية والرأسية خلال القفز الثلاثي والتأثير على مرحلة المسافات. ودراسة زانج يو واخرونZhang (٢٠١٣) (٧٥) بعنوان "التحليل الكينماتيكي الفني للاعبي الوثب الثلاثي في المستوى العالمي"، ودراسة ليو أو يوى بLiu, H. & Yu (٢٠١٢) (٦٣) بعنوان "تأثير نسبة مرحلة معامل تحويل السرعة على اداء الوثب الثلاثي"، وتقرير الجمعية الكورية لبيوميكانيكا الرياضة (٢٠١١م) (٦) بعنوان التحليل البيوميكانيكي للوثب الثلاثي رجال خلال بطوله العالم (٢٠١١)، ودراسة برتيونين. ج واخرونPerttunen(٢٠٠٠م) (٦٧) بعنوان " التحليل البيوميكانيكي للتحميل في الوثب الثلاثي " ونظراً لهذا الكم الكبير من المعلومات الا انه أغفل الخروج بتوصيف دقيق لطبيعة أداء نخبة لاعبي الوثب الثلاثي ومعرفة سبب تميزهم عن غيرهم

وفيما بينهم، مما دفع الباحثان المحاولة تناول البيانات الخاصة بأداءات أبرز لاعبي الوثب الثلاثي النخبة طبقاً لأفضل أرقام مسجله عالميا مما توفر لدى الباحثان من بيانات عن ذلك مع استهدافها بالتفسير والربط من وجهة النظر البيوميكانيكية، ثم الخروج بتوجيهات من شأنها المساهمة بفاعليه في عمليات التعليم والتدريب.

والجدير بالذكر إن لكل مرحلة من مراحل الوثب مهام حركية محددة، حيث يشار الى أنه في مرحلة الاقتراب تنشأ السرعة الأفقية، وفى مرحلة الطيران يتم الاحتفاظ على اتزان الجسم لأطول فترة ممكنة مع الإعداد الجيد لعملية الهبوط. (٧: ١٣٧)

ويرى الباحثان أن مسابقة الوثب الثلاثي تتميز بالخصوصية عن باقي مسابقات الوثب الأخرى وذلك لطبيعة تركيبها الحركي الذي يشمل على ثلاث مراحل وهى الحجلة، الخطوة، الوثبة هذا ما جعلها أكثر تعقيداً عن باقي مسابقات الوثب الأخرى.

وتعد ألعاب القوى من الفعاليات التي شملها الباحثون بالعديد من الدراسات بهدف تطور نتائج الرياضيين والارتقاء بها وتعد فعالية الوثب الثلاثي من الفعاليات ذات المتعة والتشويق للمتفرجين من حيث المنافسة والأداء الحركي، حيث أن هذه الفعالية تتعامل مع أقصى جهد للمتسابق مع دقة الأداء منذ اللحظة الأولى من الاقتراب حتى الهبوط في حفرة الرمل، لذا فإن لزوايا الجسم ومسار الحركة وحركة أجزائه أثناء الأداء يشكل دوراً مهماً في تحقيق الأداء الأفضل خلال مراحل أداء مسابقة الوثب الثلاثي وكذلك تحسين الإنجاز الرقمي، فضلاً عن أن علم البيوميكانيك هو أحد العلوم الحديثة في التربية الرياضية يحلل حركات الإنسان من خلال القوانين الميكانيكية للوصول إلى التكنيك الأمثل، وان حضور الأجهزة والوسائل العلمية المستخدمة كالأجهزة ووسائل التشخيص أدت إلى سهولة دالة توضيح حركة الرياضي مهما اختلفت الاحتمالات، فكما هو معلوم أن العين المجردة للشخص غير كافية للحصول على المعلومات والحقائق العلمية الدقيقة لبعض الحركات الرياضية، والحكم على صحة الحركة بالتقويم العام يعد حالة غير دقيقة بالبحث العلمي لاستيعاب دقائق الحركة وتحديد أخطائها، وانطلاقاً مما سبق فقد أتجه الباحثان لمحاولة التحليل الحركي للوضع الراهن لدى لاعبي الوثب الثلاثي نحو كيفية الأداء الفني لهذه المسابقة من الجانب الحركي، كما يرى الباحثان أن دراسة وتحليل الأداء الحركي لمهار الوثب الثلاثي تمثل احدى الضروريات التي يجب اخذها في الاعتبار عند اجراء الدراسة العلمية في مجال الحركة الرياضية بشكل عام والوثب الثلاثي بشكل خاص، لما تتميز به هذه الفعالية من صعوبة في الأداء، والنوع المستخدم في الوثب فضلاً عن الكثير من المشاكل التي تفقد الواثب الامكانية الجيدة في تطوير التكنيك لديه للوصول الى مستوى أفضل. إذ يجب التعرف على ما يحدث للواثب اثناء أداء المسابقة والاهتمام بالمتغيرات التي تساعد على تحسين الأداء الحالي للواثبين، والوثبات والقفزات في ألعاب القوي تنسب الى مجموعة الحركات المختلفة المتكررة والوحيدة ذات صفات السرعة والقوة، ويتميز كل نوع من الوثبات أو القفزات بالمسار

الهندسي لمركز ثقل كتلة جسم اللاعب خلال مرحلة طيرانه، وطول وارتفاع طيرانه يتوقف على سرعته لحظة الانطلاق وزاوية طيرانه تبعاً لنوع الوثبة أو القفزة، ولإحراز نتائج عالية يسعي الواثب أو القافز إلى الحصول علي أكبر سرعة في بداية طيران الجسم موجهة بأمثل زاوية انطلاق وتحل هذه المهمة بالاقتراب وأخذ الارتقاء ففي أثناء الاقتراب يكتسب اللاعب السرعة الأفقية الضرورية ويستفيد اللاعب في الخطوات الأخيرة من الاقتراب لأخذ الارتقاء وخلال الاندفاع (الدفع) تتكون السرعة الرأسية.

ولكون فعالية الوثب الثلاثي تؤدي بعده مراحل متداخلة لا يمكن فصل بعضها عن البعض الأخر ولكل مرحلة متطلباتها الخاصة التي تتأثر وتؤثر على المراحل الأخرى وبالتالي على الانجاز الرقمي للاعبين، وهو ايضاً من الفعاليات المعقدة التي تتطلب تكاملًا دقيقًا في الأداء الحركي خلال مراحله الثلاث (الارتقاء، الطيران، والهبوط)، ويُعتبر موقع مركز الثقل من العوامل الحاسمة التي تؤثر في كفاءة الأداء ومدى الإنجاز. إلا أن هناك قصوراً في فهم العلاقة بين المتغيرات الزاوية المفصلية (مثل زاوية الركبة، الفخذ، الكاحل) في كل مرحلة من مراحل الوثب، وبين موقع مركز الثقل وهذا القصور يحد من قدرة المدربين واللاعبين على تحسين التكنيك الحركي بشكل علمي مدروس. ومن هنا تنبع مشكلة البحث من الحاجة إلى تحليل تأثير هذه المتغيرات الزاويّة على موقع مركز الثقل بهدف الوصول إلى ميكانيكية أداء أكثر فاعلية في الوثب الثلاثي وهذا ما تؤكده دراسة كلاً من احمد سعد عبد المقصود (٢٠٠٢م) (١)، ودراسة جيهان حامد عبدالرحمن (٢٠١٠م) (٩)، ودراسة جديد عبدالرحمن (٢٠١٥م) (٨)، ودراسة معمر أدم بشير وآخرون (٢٠١٥) (٢١)، ودراسة احمد ناجي محمود (٢٠١٧م) (٥)، ودراسة سماهر سلمان علوان (٢٠٢١م) (١٠)، ودراسة بشير وتومبا واحمد(٢٠١٥م) (٢٨)، فريدون حسن عثمان، سيروان كريم عبدالله (٢٠٢٢م) (١٧)، نواف عويد عبود (٢٠٢٤م) (٢٣)

مما دفع الباحثان للخوض في هذه الدراسة والتعرف على علاقة التأثير لبعض المتغيرات الزاوية على مركز ثقل الجسم في مسابقة الوثب الثلاثي. ومن هنا تجلت أهمية البحث في تحليل بعض المتغيرات الزاوية في مراحل الوثب للاعبي الوثب الثلاثي من خلال تحليل أحد ابطال العالم ويدعي كينى هريسون (Kenny Harrison) والتعرف على المقاييس المركزية ومقادير المقاييس المركزية والتشتت لمسابقة الوثب الثلاثي.

أهمية البحث والحاجة إليه:

- يعد هذا البحث احدى المحاولات العلمية للارتقاء بمستوي الأداء الرقمي للاعبي الوثب الثلاثي، حيث يسعي هذا البحث لتقديم نموذج أكثر دقة خلال التعرف على علاقة التأثير لبعض المتغيرات الزاوية لمركز ثقل الجسم لدى لاعبي الوثب الثلاثي.
- تعطي مؤشراً لدى المسؤولين حول إنجازات لاعبي الوثب الثلاثي للناشئين.
- توضح أهم القياسات الكينماتيكية التي يمكن أن تتنبأ بمستوى الإنجاز في فعالية الوثب الثلاثي.

- قياس أهم المتغيرات الزاوية التي لها دور بالإنجاز لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي.
- مساعدة المدربين في وضع بعض الأسس لاختيار متسابقي الوثب الثلاثي بجمهورية مصر العربية.

هدف الدراسة:

يهدف البحث الى علاقة التأثير لبعض المتغيرات الزاوية على مركز ثقل الجسم لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي ويتم تحقيق ذلك من خلال الاجابة على التساؤلات الاتية.

تساؤلات الدراسة:

١- ما المقاييس المركزية والتشتت لمسابقة الوثب الثلاثي لمتغيرات الزمن/ ث – محلة الوضع لمركز ثقل الجسم/ م – محصلة التسارع م/ث٢ – كمية الحركة الزاوية للجسم /كجم٢/ث قصور الذاتي كجم٢ – السرعة الزاوية للجسم درجة/ث.

٢- ما مقادير المقاييس المركزية والتشتت لمسابقة الوثب الثلاثي لمتغيرات زاوية القدم يمين/ درجة– زاوية الركبة يمين/ درجة – زاوية الوسط يمين/ درجة – زاوية القدم يسار/ درجة – زاوية الركبة يسار/ درجة – زاوية الوسط يسار/ درجة.

٣- معامل الارتباط البسيط للمتغيرات ودلالته عند ٠,٠٥ مع متغيرات (قصور الذاتي كجم٢– سرعة الزاوية للجسم درجة/ث– كمية الحركة الزاوية للجسم /كجم٢/ث – محصلة التسارع م/ث٢) لمركز ثقل الجسم اثناء اداء مسابقة الوثب الثلاثي.

٤- ما دلالة تأثير لبعض المتغيرات الزاوية على بعض متغيرات مركز ثقل الجسم لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي.

بعض مصطلحات الدراسة

الوثب الثلاثي Triple jump

هو إحدى مسابقات ألعاب القوي التي يقوم فيها اللاعب بأداء ثلاث وثبات (حجلة– خطوة– وثبة) ويمثل عنصر القدرة الأنفجارية كعنصر مركب وحاسم في المستوى الرقمي. (٦: ٣١٨)

الإزاحة Displacement

هي المسار المستقيم الذي يقطعه الجسم من نقطة إلى أخرى باتجاه ثابت، وهي كمية متجهة أي لها مقدار واتجاه، وتقاس بالسنتيمتر والمتر والكيلومتر.(٧٣)

السرعة المتجهة Velocity

هي المسافة التي يقطعها الجسم في وحدة الزمن وهي قيمة متجهة، أي تتميز باتجاه معين. (٦٨)

التسارع Acceleration

التسارع أو العَجَلة في الميكانيكا الكلاسيكية، هو معدل تغير السرعة المتجهة بالنسبة للزمن (٣٣)

طاقة الوضع Potential Energy

طاقة الوضع تسمي أيضا طاقة الارتفاع هي إحدى صور الطاقة في الفيزياء .وهي طاقة «كامنة» يكتسبها جسم بسبب وقوعه تحت تأثير جاذبية مثل الجاذبية الأرضية. (٧٠)

طاقة الحركية Kinetic Energy

هي نوع من الطاقة التي يملكها الجسم بسبب حركته، تُساوي الشغل اللازم لتسريع جسم ما من حالة السكون إلى سرعة معُينة، سواء كانت سرعة مستقيمة أو زاويّة. (٧٠)

كمية الحركة Momentum

هو أحد الكميات الفيزيائية التي عرفت من خلال الفيزياء الكلاسيكية بأنها حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته. (٣٩)

كمية الحركة الزاوي Angular Momentum

هى المشابه الدوراني لزخم الحركة الخطية، كما يعرف أحيانا بمصطلح عزم الدوران لكمية الحركة أو العزم الزاوي أو العزم الحركي أو كمية الحركة الدورانية. (٦٦)

السرعة الزاوية للجسم Angular Velocity of Body

هي متجهة التي تعبر عن التردد الزاوي والمحور الذي يدور حوله الجسم. (٣٠)

الدراسات السابقة:

١- **احمد عبدة خليفة** (٢٠١٥م) (٣) بعنوان "المنحنى الخصائصي الأنسب لبيوكينماتيكية الوثب الثلاثي للآنسات في بطولة العالم ٢٠٠٩ ببرلين" وهدفت هذه الدراسة إلى تحديد كلاً من: المقادير الكمية لكل من المستوى الرقمي (المسافة الأفقية) والمتغيرات البيوكينماتيكية المؤثرة في أداء الوثبة الثلاثية للاعبات بطلات العالم عام ٢٠٠٩م – المنحنى الخصائصي الأنسب لكل من المستوى الرقمي (المسافة الأفقية) والمتغيرات البيوكينماتيكية المؤثرة في أداء الوثب الوثبة الثلاثية للاعبات بطلات العالم عام ٢٠٠٩. وشملت عينة البحث أفضل ثمانية لاعبات حققن أفضل مسافات في الوثب الثلاثي في نهائي مسابقة الوثب الثلاثي للآنسات في بطولة العالم المقامة برلين(2009) وتم اختيارهم بالطريقة العمدية، وحصل الباحث على المستوى الرقمي لكل لاعبة من التقرير النهائي لمسابقات الوثبة الثلاثية للآنسات من موقع الويب الرسمي لنتائج نهائيات لبطولة العالم لألعاب القوى ببرلين (٢٠٠٩م)، وحصل الباحث على فيلم تم تصويره لنهائي مسابقات الوثبة الثلاثية للآنسات بكاميرات فيديو سرعتها ١٠٠ كادر/ ث بمعرفة اللجنة الفنية للاتحاد الدولي لألعاب القوي في بطولة العالم لألعاب القوى ببرلين (٢٠٠٩م)، والفيلم صالح للتحليل، كما قام الباحث بتحليل في المتوسط ١٠٠ كادر في كل محاولة.، وقد أسفرت أهم نتائج هذه الدراسة عن ما يلي : متوسط طول اتساع الخطوة الأخيرة للاقتراب الأنسب (٢,٥٤٠ متر)، متوسط طول اتساع الحجلة الأنسب (٦,٧٥٠ متر)، متوسط طول اتساع الخطوة الأنسب (٤,٧٣٠ متر)،

متوسط طول اتساع الوثبة الأنسب (٥,٨٥٠ متر)، متوسط النسبة المئوية لاتساع طول الحجلة الأنسب (٣٩,٨١%)، متوسط النسبة المئوية لاتساع طول الخطوة الأنسب (٣١,٨١%)، متوسط النسبة المئوية لاتساع طول الوثبة الأنسب (٣٩,٨١%)، متوسط السرعة الأفقية للخطوة الأخيرة للاقتراب الأنسب (٩,٦١ م/ث)، متوسط السرعة الأفقية للحجلة الأنسب (٩,٠٣٠ م/ث)، متوسط السرعة الأفقية للخطوة الأنسب (٨,٦٣٠ م/ث)، متوسط السرعة الأفقية للوثبة الأنسب (٧,٥٠٠ م/ث)، متوسط السرعة الرأسية للحجلة الأنسب (٢,٦٧٠ م/ث)، متوسط السرعة الرأسية للخطوة الأنسب (٣,٣٧٠ م/ث)، متوسط السرعة الرأسية للوثبة الأنسب (٣,٣٤٠ م/ث)، متوسط زمن الارتكاز للحجلة الأنسب (٠,٠٨١٠ ث)، متوسط زمن الارتكاز للخطوة الأنسب (٠,١١١ ث)، متوسط زمن الارتكاز للوثبة الأنسب (٠,١٢١٠ ث)، متوسط زاوية الارتقاء للحجلة الأنسب (٨,٢٧٠°)، متوسط زاوية الارتقاء للخطوة الأنسب (١٠,٨٠°)، متوسط زاوية الارتقاء للوثبة الأنسب (٢٨,٧٠°)، متوسط الحد الأدنى لزاوية الركبة في الخطوة الأنسب (١٥٢,١٣٠°)، متوسط الحد الأدنى لزاوية الركبة في الوثبة الأنسب (١٤٢,٩٤٠°)، متوسط المستوى الرقمي الرسمي الأنسب (١٥,٥٧٠ متر).

٢- **أحمد كمال عبد العزيز**(٢٠١٦م) (٤) بعنوان " النموذج البيوميكانيكي للأداء الأمثل في الوثب الثلاثي وسعى البحث لبيان النموذج البيوميكانيكي للأداء الأمثل في الوثب الثلاثي . واعتمد على المنهج الوصفي. بلغت العينة (١٦) لاعب. وتمثلت الأدوات في الاستعانة بنتائج الدراسات التي أجريت على لاعبي الوثب الثلاثي من النخبة عينة البحث من خلال بطولتين (٢٠٠٩)، (٢٠١١). واختتم البحث بأهم النتائج، وجود علاقة ما بين متوسط سرعة مركز ثقل الجسم خلال الخطوة وخلال الوثبة مع المسافة الرسمية. وأكدت التوصيات على الاسترشاد بقيم المتغيرات الميكانيكية لوضع مجموعة من التدريبات النوعية التي تساهم في فاعلية عملية التدريب وتحقيق مستوى إنجاز أفضل للاعبين.

٣- دراسة **معمر أدم بشير وآخرون** (٢٠١٨م) (٢٢) بعنوان "التعرف على نسبة مساهمة بعض المتغيرات البيوميكانيكية في المسافة الكلية للوثبة الثلاثية" هدفت هذه الدراسة على التعرف على نسبة مساهمة بعض المتغيرات البيوميكانيكية في المسافة الكلية للوثبة الثلاثية. تكونت عينة الدراسة من لاعبي الوثب الثلاثي، وبلغ عدد أفراد عينة الدراسة (٥) أفراد، أستخدم الباحثان المنهج الوصفي، أستخدم الباحثان التصوير والتحليل كأدوات لجمع البيانات. وكانت أهم النتائج: وجود نسبة مساهمة عالية لمتغيرات (أقصي ارتفاع لمركز الثقل لحظة كسر الاتصال، زاوية الطيران، زاوية خلف الركبة لحظة الدفع لرجل الارتقاء، زاوية ركبة الرجل الحرة لحظة الدفع) في مرحلة الحجلة – وجود نسبة مساهمة عالية لمتغيرات (زاوية الطيران، الزاوية البرجلية) في مرحلة الخطوة – وجود نسبة مساهمة عالية لمتغيرات (زاوية الطيران، زاوية الجذع مع الفخذ لحظة التلامس) في مرحلة الوثبة – أعلي نسبة مساهمة

للمراحل في المسافة الكلية للوثبة الثلاثية كانت لمرحلة للوثبة بنسبة ٤٨% ونسبة (٢١%، ٢٠%) للحجلة والخطوة على التوالي.

٤- **مصطفى مصطفي عطوة**(٢٠١٩م) (١٩) بعنوان " دراسة تحليلية للتوزيع الزمني لمسابقات الوثب في ألعاب القوى" واستهدف البحث التعرف على التحليل للتوزيع الزمني لمسابقات الوثب في ألعاب القوى. وتضمن البحث إطارًا مفاهيميًا أوضح مفهوم تحليل الزمن. واعتمد البحث على المنهج الوصفي لتحقيق هدفه. وجاءت أدوات البحث متمثلة في فيديوهات لمحاولات أداء اللاعبين الذين حصلوا على أفضل ثلاث أرقام في كل مسابقة من مسابقات الوثب، واستمارة لجمع البيانات، وجهاز كمبيوتر مزود ببرنامج تحليل زمني للمهارات الحركية، وبرنامج Excel لإجراء العمليات الحسابية، وبرنامج Spss لإجراء العمليات الإحصائية، وطبقت على عينة عمدية قوامها (١٢) لاعب يمثلون أفضل ثلاث أرقام للاعبين في كل مسابقة من مسابقات الوثب المختلفة على مستوى العالم على ان يتم التحليل الزمني للمراحل الفنية في كل مسابقة على حده. وتوصل البحث إلى مجموعة من النتائج منها، وجود علاقة ارتباط ذات دلالة إحصائية لكلا من زمن مرحلتي الارتقاء والطيران وتخطي العارضة لمسابقة الوثب العالي مع المستوى الرقمي، الأمر الذي يدل على أن قلة زمن الارتقاء وزيادة زمن الطيران بساهم في زيادة المستوى الرقمي. واختتم البحث بطرح عدة توصيات منها، ضرورة الاهتمام بالتحليل الزمني كإحدى أنواع التحليل للحركة الرياضية لما يوفره من بعض المعلومات التي لا يمكن ملاحظتها بالعين المجردة لمهارة ما

٥- **أحمد عبد المرضي عبدالعزيز** (٢٠٢٠م) (٢) بعنوان " علاقة قيم الدفع ببعض المتغيرات الديناميكية ومسافه الخطوة لمتسابقي الوثب الثلاثي" واستهدف البحث التعرف على أثر قيم قوة الدفع وبعض المتغيرات الديناميكية ومسافة الخطوة لمتسابقي الوثب الثلاثي. استخدم البحث المنهج الوصفي. وتمثلت أدوات البحث في المسح المرجعي، وجهاز منصة القوة الثابتة، وعدد (٢) كاميرا نوع (Sony) بتردد (٦٠) كادر/ ثانية، و(٢) حامل ثلاثي لآلة التصوير، وعلامات ضابطة إرشادية لتحديد مقياس الرسم، وشريط قياس بالمتر، وبرنامج ((Motion trackللتحليل الميكانيكي، وتم تطبيقها على عينة عمدية قوامها (٤) لاعبين من نادي الجيش ونادي الشمس، ونادي بنها الرياضي. وأشارت نتائج البحث إلى وجود ارتباط ذات دلالة إحصائية بين قيم قوة الدفع وبين كلًا من السرعة الأفقية والسرعة العمودية وزاوية الركبة للنهوض وزاوية الارتقاء وهي علاقة طردية، ووجود علاقة عكسية بين قيم الدفع وزمن الاتصال بالأرض وأقصي قوة للاصطدام، ووجود علاقة طردية ذا دالة إحصائية قوية بين دفع القوة وأقصي قمة للدفع وزمن الدفع وبين مستوي إنجاز الخطوة، ووجود علاقة غير دالة إحصائية بين أقصي قمة للاصطدام ومستوي إنجاز مسافة الخطوة.

٦- **مصطفى مصطفى عطوة، وأخرون** (٢٠٢٠م) (٢٠) بعنوان "التحليل الزمني للأداء الحركي لسباق الوثب الثلاثي كمؤشر لحجم التدريب المهارى" وهدف البحث إلى التحليل الزمني

للأداء الحركي لسباق الوثب الثلاثي كمؤشر لحجم التدريب المهاري. استخدم البحث المنهج الوصفي. وتمثلت أدوات البحث في فيديوهات لمحاولات اللاعبين الذين حصلوا على أفضل ثلاث أرقام في سباق الوثب الثلاثي، واستمارة لجمع البيانات، وجهاز كمبيوتر مزود ببرنامج تحليل زمني للمهارات الحركية، وبرنامج (excel) كمبيوتر مزود ببرنامج لإجراء العمليات الحسابية، وتم تطبيقها على عينة عمدية طبقية قوامها (٣) لاعبين يمثلون أفضل ثلاث أرقام للاعبين في سباق الوثب الثلاثي على مستوى العالم. وأشارت نتائج البحث إلى أن أصغر فترة زمنية هي التي يتم فيها الارتقاء في سباق الوثب الثلاثي، وأكبر فترة زمنية هي التي يتم فيها الاقتراب في سباق الوثب الثلاثي.

الدراسات الأجنبية :

٧- قام **عيسي Eissa** (٢٠١٤) (٣٥) بعنوان ""تقييم بيوميكانيكي لمراحل الارتقاء في الوثب الثلاثي لدى إحدى اللاعبات النخبة" وهدفت الدراسة التعرف على التقييم البيوميكانيكي لمراحل الوثب الثلاثي للاعبة المصرية الفائزة بالميدالية الأولمبية في الدورة العربية بالدوحة (٢٠١١)، تم استخدام المنهج الوصفي، ولجمع البيانات تم استخدام كاميرا عدد (٢) رقمية نوع (DCR-SR68) سرعتها ٦٠ صورة ثانية، تم استخدام برنامج DARTFISH 4.5 program) لتحليل البيانات، وقد أشارت نتائج الدراسة بأن زاويا الارتقاء في الحجلة بلغت (٢٠,٥) درجة وفي الخطوة بلغت (٢١,٥) درجة وفي الوثبة بلغت (٢٣,٣) درجة، وأن محصلة السرعة في الحجلة بلغت ٨,٧٥ م /ث)، وفي الخطوة.) بلغت (٦,٥٦م /ث)، وفي الوثبة بلغت (٧,١٥) م / ث.

الاستفادة من الدراسات السابقة :

١- وجهت اهتمام الباحثان لإجراء الدراسة الحالية.
٢- تحديد الخطوات المتبعة في إجراءات البحث من الناحية الفنية والإدارية.
٣- ساعدت الباحثان في صياغة أهداف وفروض البحث.
٤- تحديد الخطوات المتبعة في إجراءات البحث.
٥- اختيار المنهج والعينة ووسائل جمع البيانات المناسبة لطبيعة البحث.
٦- وقد استفاد الباحثان من مميزات الدراسات السابقة في العمل على تنفيذ إجراءات الدراسة الحالية.

خطة واجراءات البحث

منهج الدراسة:

أستخدم الباحثان المنهج الوصفي (دراسة الحالة) باستخدام التحليل الحركي ثنائي الأبعاد (Biomechanical Analysis) لأنه الأنسب لتحليل العلاقة بين المتغيرات الزاوية ومركز الثقل دون التدخل في تعديل المتغيرات.

مجتمع الدراسة:

اشتمل مجتمع الدراسة على بعض ابطال العالم في الوثب الثلاثي وينحصر مجتمع الدراسة في بطل العالم (Kenny harrison)

عينة الدراسة

أستعان الباحثان بنتائج عينة عمديه مختارة من أفضل اللاعبين على مستوى العالم لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي رجال، وفقاً لما جاء في نتائج التقارير النهائية المنشورة عن الاتحاد الدولي لألعاب القوى للهواة لمسابقات الوثب الثلاثي للاعب الأمريكي (كينى هاريسون kenny Harrisonn) لعام ١٩٩٦م مرفق (١)

جدول (١)

مواصفات أفضل لاعبي الوثب الثلاثي على مستوى العالم

م	الاسم	الترتيب	المستوى الرقمي (م)	الدولة	العام
١	Jonathan EDWARDS	الاول	١٨,٢٩	بريطانيا	٧/ ٨/١٩٩٥م
٢	Christian TAYLOR	الثاني	١٨,٢١	أمريكا	٢٧/ ٨/٢٠١٥م
٣	Kenny Harrison	الثالث	١٨,٠٩	أمريكا	٢٧/ ٧/ ١٩٩٦م

أسباب اختيار اللاعب (كيني هاريسون) كعينة تحليل للبحث:

١- الكفاءة العالية في تحويل الطاقة الأفقية إلى طاقة عمودية:

أظهر كيني هاريسون قدرة متميزة في تحويل السرعة الأفقية المكتسبة من مرحلة الاقتراب إلى طاقة عمودية خلال مراحل الوثب الثلاثي، مما ساعده على الحفاظ على توازن مثالي بين المسافة والسرعة، وهذه المسابقة تعكس كفاءة بيوميكانيكية عالية في تنظيم الزوايا، والعزم العضلي، والتحكم في مركز الكتلة أثناء الانتقال بين مراحل الوثب الثلاثي. (٦١ : ٣٠٣-٣١٤)

٢- التناسق في توزيع مراحل الوثب الثلاث:

تميز أداء هاريسون بتوزيع متوازن بين مراحل الوثب الثلاثي (الحجلة- الخطوة- الوثبة)، حيث حافظ على نسب مثالية تقريبية (٣٥%-٣٠%-٣٥%)، مما قلل من فقد الطاقة وساهم في تحقيق المسافة القصوى وهذا الاتزان يعبّر عن تحكم بيوميكانيكي دقيق وتناسق في التوقيت والتقنية. (٤١)

٣- قوة الدفع الأرضي الفعالة:

من أبرز العوامل في تفوق هاريسون البيوميكانيكي هي قدرته على توليد قوة رد فعل أرضي عالية، خصوصاً في مرحلة الهبوط من الحجلة والانتقال إلى الوثبة، وهذا المؤشر يدل على كفاءة في توظيف القوى العضلية والمفصلية بطريقة تساهم في تقليل وقت التلامس وزيادة فاعلية القفز. (٢٩: ٦٥ -٧٤)

٤–السرعة النهائية العالية في مرحلة الاقتراب:

حقق هاريسون سرعة اقتراب نهائية عالية تجاوزت ١٠ م/ث، وهي من أعلى السرعات المسجلة في منافسات القفز الثلاثي، وقدرته على المحافظة على هذه السرعة مع انتقال انسيابي إلى أول مرحلة من الوثب، مما يدل على تكامل مثالي بين القدرات البدنية والتقنية من منظور بيوميكانيكي. (٧١: ٢٥– ٣٨)

٥– الزوايا الحركية المثالية عند الإقلاع :

أثبتت التحليلات البيوميكانيكية أن كيني هاريسون استخدم زوايا إقلاع مقاربة للمثالية، خصوصاً في مرحلة الحجل، حيث تراوحت الزاوية بين (١٧–١٩) درجة، وهي الزاوية التي توازن بين الحفاظ على السرعة الأفقية وتحقيق ارتفاع كافٍ. وهذا التحكم في زاوية الإقلاع يعكس تدريباً عالي المستوى ودقة ميكانيكية متميزة. (٣١: ٣٤٨١ – ٣٤٨٦)

٦–التكيف الحركي بعد الإصابة :

تعرض هاريسون لإصابة شديدة في الركبة قبل عام من أولمبياد ١٩٩٦، لكنه عاد ليحقق رقماً أولمبياً قياسياً. وهذا يعكس قدرة على تعديل النمط الحركي لتعويض الخلل العضلي أو المفصلي، ويجعله نموذجًا مهمًا لدراسة التكيف البيوميكانيكي بعد الإصابة. (٥١: ٢٢٩– ٢٤٦)

خلاصة عينة الحليل (قيد البحث):

تم اختيار كيني هاريسون كعينة بحث بيوميكانيكية يُعد مبرراً علمياً قوياً نظراً لتكامله الحركي، وكفاءته في تحويل الطاقة، وايضاً التناسق بين المراحل، والسرعة النهائية في الأداء، وزوايا الإقلاع المثالية، إلى جانب قدرته على التكيف مع الإصابة، مما يجعله نموذجاً متكاملاً لتحليل الأداء البيوميكانيكي في الوثب الثلاثي.

الأدوات والأجهزة المستخدمة في جمع البيانات :

اعتمدت الدراسة الحالية على مجموعة من الأجهزة والأدوات التكنولوجية والبرمجية الحديثة لتسجيل وتحليل أداء لاعب الوثب الثلاثي، بهدف استخراج القيم الزاوية وتحديد موقع مركز الثقل أثناء مراحل الوثبة. وفيما يلي عرض مفصل لهذه الأدوات:

١– كاميرات تحليل الحركة عالية السرعة:(High–Speed Cameras)

- لتصوير مراحل الوثب الثلاثي بدقة عالية.
- توضع بزوايا مختلفة لتحليل المتغيرات الزاوية من الجوانب والأعلى (مثلاً ١٢٠–٢٤٠ إطار/ثانية).
- وضعت الكاميرا في زاوية جانبية (Lateral View) بالنسبة لمسار الأداء لالتقاط الحركة بشكل واضح ودقيق.
- الهدف منها هو تسجيل مراحل الوثب الثلاثي(الحجلة – الخطوة – الوثبة).

٢- برنامج تحليل الحركة (Motion Analysis Software)

مثل (Dartfish) أو(Kinovea) لتحليل الفيديوهات الملتقطة واستخراج القيم الزاوية ومركز الثقل تتبع المفاصل، وقياس الزوايا الديناميكية، ورسم مسار مركز الكتلة، والتقاط لقطات ثابتة وتحليلها إطاراً بإطار).

٣- علامات مرجعية على مفاصل الجسم (Reflective Markers) أو Manual (Markers)

- تم وضع علامات مرئية على المفاصل الرئيسة للجسم (الفخذ، الركبة، الكتف، الكاحل، الرسغ) لتسهيل تتبعها.
- تم استخدام شريط لاصق أبيض أو عاكس لتوضيح النقاط المرجعية في الفيديو.

٤- شريط قياس:

- لقياس المسافات بين نقاط الوثب.
- لتحديد مواقع الكاميرات والعلامات المرجعية.
- لقياس المسافة الإجمالية للوثبة الثلاثية ومراحلها الفرعية (الحجلة – الخطوة – الوثبة).

٥- كمبيوتر محمول/حاسوب مزود ببرمجيات التحليل:

- لمعالجة البيانات وتحليل الزوايا وحساب مركز الثقل.
- تحديد الإطارات المناسبة للتحليل.
- حفظ البيانات الزاوية.
- استخراج الرسوم البيانية أو الجداول المتعلقة بمركز الثقل.
- جهاز كمبيوتر مزود ببرنامج (Skill Spector) لأجراء عملية تحليل العينة (قيد الدراسة)، بالإضافة الى برنامج كمبيوتر مزود ببرنامج "excel" لأجراء العمليات الحسابية – برنامج "spss" لأجراء العمليات الإحصائية.

١- جهاز قياس الزمن(Timing Gates) أو(Stopwatch)

- لقياس الزمن بين مراحل الوثب الثلاثي، أو سرعة الأداء.

٢- ميزان إلكتروني لقياس الوزن والطول:

- لاحتساب مركز الثقل الأولي للجسم في وضع السكون.

٣- برمجيات رسم وتحليل مركز الثقل) مثل (AutoCAD) أو(MATLAB)

- لرسم نموذج بياني لحركة مركز الثقل وتغيره خلال المراحل.

٤- نموذج تسجيل بيانات الأداء :

- لتوثيق القيم الملاحظة يدوياً (القيم الزاوية المقاسة – الإزاحات الأفقية والرأسية لمركز الثقل – زمن كل مرحلة).
- استخدام التصوير بالفيديو من زوايا مختلفة للحصول على منظور ثلاثي الأبعاد.

- تسجيل الأداء أكثر من مرة واختيار أفضل محاولة لتحليلها (حسب المسافة أو التكنيك الأفضل).
- تحديد اللحظات المفتاحية (بداية الارتقاء – لحظة الطيران – لحظة الهبوط).
- استخراج الزوايا المفصلية في كل مرحلة من هذه اللحظات.

الإجراءات التنفيذية للدراسة :

- التعرف على علاقة التأثير لبعض المتغيرات الزاوية على مركز ثقل الجسم لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي.
- تحديد بداية ونهاية المراحل الفنية داخل المحاولات للعينة (قيدالدراسة).
- تجهيز فيديوهات خاصة باللاعبين الحاصلين على أفضل ثلاث أرقام لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي واختيار افضلهم من الناحية البيوميكانيكية.
- تركيب الكاميرات وتحديد منطقة التصوير.
- وضع العلامات على المفاصل الأساسية.
- إجراء الوثبات الثلاثية من قبل اللاعبين.
- تسجيل الأداء بكاميرات عالية السرعة.
- تحليل الفيديو باستخدام برنامج التحليل الحركي (Skill Spector).
- حساب الزوايا ومركز الثقل من خلال البرامج.
- إدخال البيانات في جداول لتحديد العلاقات الإحصائية لإستخراج المتغيرات الزاوية لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي.

المتغيرات الكينماتيكية للعينة (قيد الدراسة) :

تُعد المتغيرات البيوميكانيكية من العوامل الحاسمة في تحسين أداء الوثب الثلاثي، حيث تؤثر الزوايا المفصلية وموقع مركز الثقل بشكل مباشر على كفاءة نقل القوة بين مراحل الوثبة. ومن خلال تحليل هذه المتغيرات بدقة، يمكن فهم ميكانيكية الأداء وتحديد نقاط القوة والقصور.

وسيطرق الباحثان الى المتغيرات الكينماتيكية الآتية:

أولاً: المتغيرات الزاوية (زوايا المفاصل):

١- زاوية الفخذ أثناء الإقلاع والهبوط.
٢- زاوية الركبة عند نهاية كل مرحلة (الحجلة– الخطوة– الوثبة)
٣- زاوية الكاحل في لحظة التلامس الأرضي.
٤- زاوية الجذع بالنسبة للأرض أثناء الطيران.
٥- زاوية ميل الجسم الكلي في كل مرحلة.

ثانيًا: متغيرات مركز الثقل :

١- الإزاحة الرأسية لمركز الثقل في كل مرحلة.
٢- الإزاحة الأفقية لمركز الثقل.

٣- تغير موضع مركز الثقل بالنسبة لخط الرأس.
٤- السرعة الزاوية والانتقالية لمركز الثقل.

ثالثًا: متغيرات زمنية ومكانية مساعدة:

١- الزمن المستغرق في كل مرحلة.
٢- المسافة المقطوعة في كل مرحلة.
٣- السرعة الأفقية لحركة الجسم الكلي.

التجربة الاستطلاعية :

في ضوء طبيعة الدراسة الحالية التي تعتمد على التحليل الحركي لعينة من لاعبي الوثب الثلاثي، تم إجراء دراسة استطلاعية على فيديو مصور مسبقاً لأداء الوثبة الثلاثية كاملة بهدف التأكد من صلاحية أدوات التصوير والتحليل المُعتمدة، وكذلك الوقوف على مدى إمكانية قياس المتغيرات الزاوية ومركز الثقل بشكل دقيق.

الهدف من الدراسة الاستطلاعية:

- التأكد من جودة التصوير باستخدام الكاميرا عالية السرعة.
- اختبار زاوية التصوير المناسبة لرصد الحركة بدقة.
- تجربة أدوات التحليل البرمجي مثل(Kinovea) أو(Dartfish).
- التحقق من إمكانية تتبع المفاصل وحساب الزوايا وموقع مركز الثقل.
- تحديد الصعوبات الفنية أو التقنية التي قد تظهر أثناء التحليل الفعلي.

وصف الفيديو المستخدم في الدراسة الاستطلاعية:

- تم اختيار فيديو عالي الدقة يوثق أداء لاعب محترف لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي.
- يغطي الفيديو مراحل الأداء الثلاثة (hop – step – jump) من زاوية جانبية (lateral view).
- تم تحليل الفيديو باستخدام برنامج **Kinovea** لتحديد الزوايا التالية:
  - زاوية الفخذ أثناء الإقلاع.
  - زاوية الركبة أثناء الهبوط.
  - زاوية الجذع خلال الطيران.
- كما تم استخدام خاصية تحديد مركز الكتلة (Center of Mass) من خلال تتبع مواضع المفاصل الرئيسية.

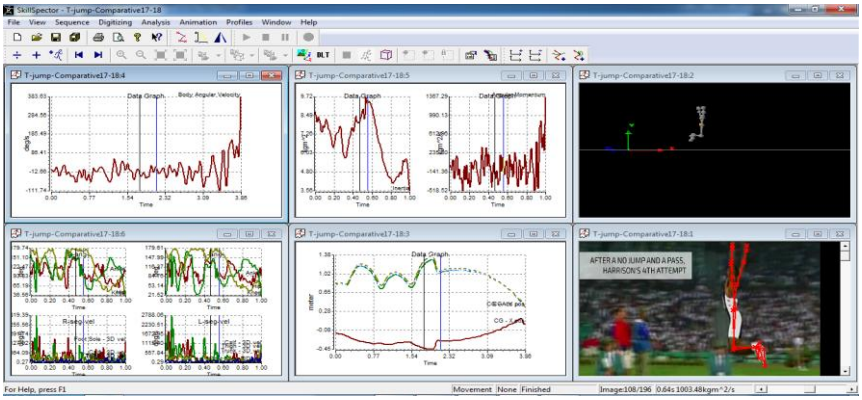
نتائج الدراسة الاستطلاعية:

- أظهرت أدوات التصوير قدرة جيدة على التقاط التفاصيل الحركية، خاصة عند التصوير بسرعة ١٢٠ إطار/ثانية.
- برنامج التحليل الحركي أثبت فعاليته في تتبع المفاصل ورسم المسارات الزاوية بدقة مقبولة.

- واجهت الدراسة بعض التحديات مثل:
- الحاجة لتحديد علامات واضحة على المفاصل لتسهيل التتبع.
- ضرورة وجود تصوير من أكثر من زاوية للحصول على بيانات ثلاثية الأبعاد أكثر دقة.
- تم استخلاص نتائج أولية مقبولة حول الزوايا وموقع مركز الثقل، مما يشير إلى صلاحية الأدوات والتقنيات المستخدمة في الدراسة الأساسية.

اجراءات التحليل البيوميكانيكى:

تم اجراء التحليل البيوميكانيكى باستخدام برنامج التحليل البيومكانيكي (Skill Spector) نظراً لملائمتة لطبيعة الدراسة، وذلك بالاعتماد على نموذج التحليل الكامل للجسم البشرى (Full Body) وذلك بتحليل الأداء الفني لمسابقة الوثب الثلاثي للعينة (قيد الدراسة).



شكل (١) النافذة الاساسية لبرنامج Skill Spector 1.2.3

يتضح من شكل (١) أداء مسابقة الوثب الثلاثي من خلال برنامج (Skill Spector) ويظهر البرنامج تحليلًا حركياً مفصلًا للمسابقة (قيد الدراسة) باستخدام تقنية التحليل الحركي ثلاثي الأبعاد. يُستخدم هذا النوع من التحليل في علوم الرياضة والميكانيكا الحيوية لتحسين الأداء وتجنب الإصابات.

ومن أبرز العناصر الظاهرة في الشكل (١) :

١- المخططات البيانية (Graphs):

- هناك مخططات لزوايا المفاصل، والسرعة الزاوية، والتسارع الزاوي، مما يساعد في فهم ديناميكية حركة اللاعب خلال أداء مراحل الوثب الثلاثي.
- يظهر أيضًا مخطط لحركة مركز الكتلة وتغيره خلال الزمن، ما يدل على تتبع دقيق للحركة الرأسية والأفقية.

٢- النموذج العظمي ثلاثي الأبعاد (٣D Skeleton Model):

النافذة العلوية اليمنى تحتوي على نموذج عظمي ثلاثي الأبعاد للحركة، يُظهر الوضعية المكانية لجسم الرياضي لحظة بلحظة، ما يوفر رؤية دقيقة لميكانيكية الحركة.

٣- الفيديو المرتبط بالحركة (Video Synchronization):

النافذة السفلية اليمنى تحتوي على فيديو حقيقي للرياضي أثناء أداء مسابقة الوثب الثلاثي، مما يُستخدم لمزامنة التحليل البياني مع اللقطة الفعلية لضمان الدقة في التفسير.

٤- تحليل تفصيلي للمفاصل (Joint Analysis):

- توجد رسوم توضح التغيرات في زوايا الركبة، الفخذ، والكاحل، وهي مفاصل حاسمة في الأداء الحركي أداء مراحل الوثب الثلاثي.

جدول (٢)

البناء الحركى لمسابقة الوثب الثلاثى

مراحل البناء الحركي	الكادر	الزمن/ ث	النسبة ٪
خطوة ماقبل الارتقاء	10.00	0.20	5.21
الحجلة	7.00	0.14	3.65
الخطوة	30.00	0.60	15.63
الوثبة	29.00	0.58	15.10
الطيران والهبوط	116.00	2.32	60.42
المجموع	192.00	3.84	100.00

يتضح من جدول (٢) البناء الحركي لمسابقة الوثب الثلاثي، ويتضمن تحليلاً كمياً للمراحل المختلفة للحركة من حيث الوقت، عدد الكادرات، والنسبة المئوية لكل مرحلة من إجمالي الأداء. ويتضح من جدول (٢) وشكل (١) ما يلي:-

١- غلبة مرحلة الطيران والهبوط بنسبة (٦٠,٤٢%)

تشير النسبة المرتفعة إلى أن الجزء الأكبر من زمن الوثب الثلاثي يُقضى في الهواء وفقًا لـ Hay & Miller (1985, p. 220)، فإن مرحلة الطيران تمثل العامل الحاسم في تحقيق المسافة، وتعتمد على السرعة الأفقية والزوايا عند الإقلاع من المراحل الثلاث. (٤٢: ٢٢٠)

٢- قِصر زمن الحجلة بنسبة (٣,٦٥%)

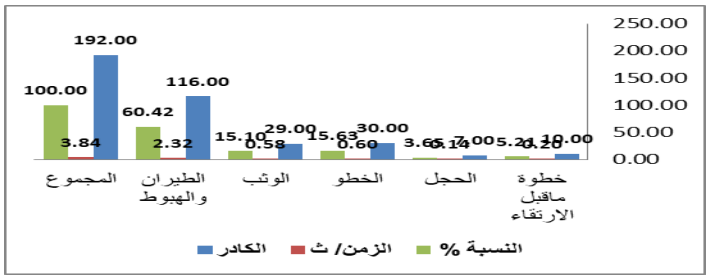
يمثل الحجل أول انتقال بعد خطوة الإقلاع، وهو أقصر مراحل الأداء. وفقًا لرأى Tidow (١٩٩٠م) يُعد الحجل مرحلة مهمة لتجميع الزخم وليس لإطالة زمن الهواء، لذا فإن زمنه القصير يعتبر مؤشراً جيداً لكفاءة الانتقال. (٧٢: ٣٣)

٣-التوازن بين مرحلتي "الخطو" و"الوثب" (١٥% لكل منهما)

تشير النسب المتساوية تقريبًا إلى استخدام متوازن للطاقة بين المرحلتين.كما أشار Koh & Hay (١٩٩٠م) الى أن التوزيع المثالي للمسافات بين الحجل، الخطو، والوثب يجب أن يكون متقاربًا قدر الإمكان لتحقيق الاستمرارية المثلى في الأداء.(٥٦: ٣٤٣)

٤- قِصر زمن خطوة ما قبل الارتفاع (٥,٢١%)

تمثل هذه الخطوة مرحلة التمهيد للإقلاع، ويجب أن تُؤدى بسرعة دون فقدان للاتزان. حسب ما أوضحه Lees et al (٢٠٠٤م) بإن هذه الخطوة لها تأثير مباشر على زاوية الإقلاع وزاوية دخول القدم على الأرض، ما يحدد نجاح المرحلة التالية. (٦١: ١٤٧)



شكل (٢) البناء الحركي لمسابقة الوثب الثلاثي

يتضح من شكل (٢) أن البناء الحركي للوثب الثلاثي يتميز بعدم التوزيع المتساوي للزمن عبر المراحل، بل يُركّز على: تكثيف الأداء في المراحل الثلاث (الحجل، الخطو، الوثب) بوقت قصير ولكن عالي الكفاءة، وإعطاء زمن أطول للطيران والهبوط لضمان تحقيق أكبر مسافة ممكنة.

وذلك وفقًا لرأى Hay & Miller (١٩٨٥م) فإن الأداء الفعّال للوثب الثلاثي يعتمد على التوزيع الزمني المثالي للمراحل الثلاث، حيث إن أي خلل في توقيت أو زاوية الإقلاع يؤثر سلباً على مرحلة الطيران. (٤٢: ١٨٦)

شكل (٣) الوصلات العصوية للبناء الحركي لمسابقة الوثب الثلاثي

المعالجات الإحصائية المستخدمة :

قام الباحثان باستخدام المعالجات الإحصائية المناسبة لطبيعة الدراسة الحالية مثل :

- المتوسط الحسابي.
- الوسيط
- الانحراف المعياري
- الالتواء
- التفلطح
- المدى– أقل قيمة– اعلى قيمة
- الخطأ المعياري للمتوسط
- المنوال
- التباين
- الخطأ المعياري للالتواء
- الخطأ المعياري للتفلطح

عرض ومناقشة النتائج:

عرض نتائج التساؤل الأول:

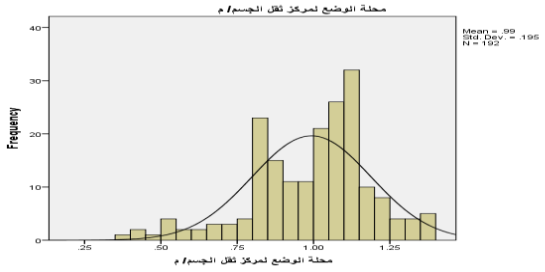
جدول (٣)

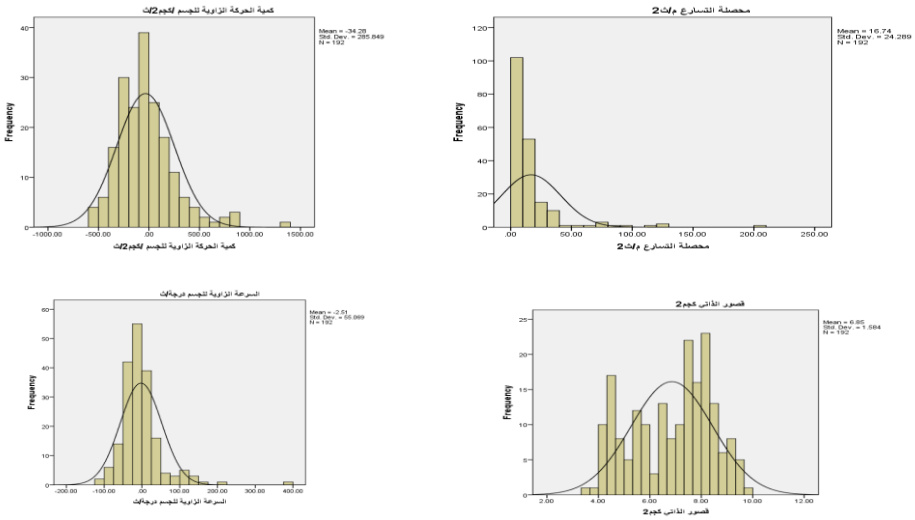
المقاييس المركزية والتشتت لمسابقة الوثب الثلاثي لمتغيرات الزمن/ ث– محصلة الوضع لمركز ثقل الجسم/ م– محصلة التسارع م/ث٢– كمية الحركة الزاوية للجسم /كجم٢/ث قصور الذاتى كجم٢– السرعة الزاوية للجسم درجة/ث

المتغيرات	الكادر	الزمن/ ث	محلة الوضع لمركز ثقل الجسم/م	محصلة التسارع م/ث٢	كمية الحركة الزاوية للجسم /كجم٢/ث	قصور الذاتي كجم٢	السرعة الزاوية للجسم درجة/ث
القيم	192.00	192.00	192.00	192.00	192.00	192.00	192.00
المفقود	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
المتوسط الحسابي	97.26	1.93	0.99	16.74	−34.28	6.85	−2.51
الخطأ المعيارى للمتوسط	4.03	0.08	0.01	1.75	20.63	0.11	3.97
الوسيط	97.50	1.93	1.04	9.53	−66.10	7.27	−9.40
المنوال	1.00[a]	.02[a]	.82[a]	.81[a]	−518.52[a]	3.56[a]	−111.74[a]
الانحراف المعيارى	55.89	1.11	0.20	24.29	285.85	1.58	55.07
التباين	3123.87	1.24	0.04	589.97	81709.72	2.51	3032.55
الالتواء	−0.01	0.00	−0.70	4.49	1.33	−0.27	2.55
الخطأ المعيارى للالتواء	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
التفلطح	−1.20	−1.20	0.68	25.73	3.43	−1.09	13.36
الخطأ المعيارى للتفلطح	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
المدى	192.00	3.82	1.00	208.49	1885.81	6.16	495.37
أقل قيمة	1.00	0.02	0.38	0.81	−518.52	3.56	−111.74
اعلى قيمة	193.00	3.84	1.38	209.30	1367.29	9.72	383.63
المجوع	18673.00	370.56	190.73	3214.96	−6580.88	1316.01	−481.54

a توجد أوضاع متعددة .تظهر القيمة الأصغر

يتضح من جدول (٣) بأن النتائج الإحصائية الخاصة بمتغيرات الأداء لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي أظهرت تبايناً ملحوظًا في عدد من المؤشرات، خاصة في كمية الحركة الزاوية والقصور الذاتي، مما يعكس تفاوتاً في قدرات الأداء بين العينة. بينما كانت المتغيرات الزمنية والمكانية (الزمن، مركز الثقل، التسارع) تتسم بتوزيع متماثل إلى حد كبير، فإن وجود التواءات وتفلطحات حادة في بعض المؤشرات يشير إلى ضرورة تحليل فردي أو عنقودي للبيانات لتحديد مصادر التباين، خاصة مع وجود قيم شاذة محتملة تؤثر على المتوسطات العامة.





شكل (٣) يوضح المقاييس المركزية والتشتت لمسابقة الوثب الثلاثي للمتغيرات (قيد الدراسة)

مناقشة نتائج التساؤل الأول :

يتضح من جدول (٣) وشكل (٣) بأنه يمثل تحليلاً بيوميكانيكياً دقيقًا لمؤشرات الأداء الديناميكي في مسابقة الوثب الثلاثي، وذلك من خلال رصد وتفسير المتغيرات الزمنية والحركية لمركز كتلة الجسم. ويشتمل على (الكادرات الزمنية– محصلة الوضع (الإزاحة)– محصلة التسارع– كمية الحركة الزاوية– السرعة الزاوية– القصور الذاتي). وسيقوم الباحثان بمناقشة نتائج التساؤل الأول من خلال الآتي:

أولاً: أهمية تحليل مركز كتلة الجسم لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي:

يعتمد الأداء الحركي في الوثب الثلاثي على التنسيق الحركي بين أجزاء الجسم من أجل تحقيق انتقال أمثل لمركز ثقل الجسم(COM) ، مما يؤثر مباشرة على كفاءة الإقلاع والهبوط في كل مرحلة.

حيث يشير Lees, A., Fowler, N. & Derby, D (٢٠٠٤م) إلى أن متابعة مركز الكتلة يوفر فهماً دقيقاً لمراحل التحضير، النقل، والطيران، ويساعد على تقليل الفاقد في الطاقة. (٦١: ١٤٩)

١– مرحلة الحجلة لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي (الكادر ٧–٣٦):

- لوحظ أعلى قيمة لكمية الحركة الزاوية = ٣٠٣٢,٥٥ كجم/ث.
- ووصل التسارع الأفقي للجسم إلى ٥٨٩,٩٧ م/ث^2.
- وكان القصور الذاتي عالياً بنسبة (٥٥,٠٧ كجم/م^2)، مما يشير إلى محاولة احتفاظ الجسم بزخم دوراني حول محوره، وفى ضوء ذلك يوضح Tidow (١٩٩٠م) أن الحجلة لا تعتمد فقط على الإقلاع بل على التحكم في وضعية الجسم لتأمين الانتقال الفعال للخطوة التالية.(٧٢: ٣٤)

٢- مرحلة الخطوة لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي (الكادر ٣٧-٦٦):

- شهدت انخفاضاً كبيراً في التسارع بنسبة (-١١٧٠,٨٨ م/ث²) وكمية الحركة الزاوية (-٢٦٤٦,٨٩ كجم/ث)، مما يعكس محاولة الجسم تعديل وضعه ديناميكياً.
- وانخفاض سرعة الجسم الزاوية = -٣٤,٨٥ درجة/ث، يدل على فقد بعض الزخم الدوراني الناتج من الحجل، وفى ضوء ذلك يؤكد Hay & Miller (١٩٨٥م) على أهمية امتصاص الصدمة عند الهبوط من الحجلة وإعادة تنظيم وضع الجسم لتحقيق الوثب الثلاثي بكفاءة. (٤٢: ٢٢٣)

٣- مرحلة الوثب لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي (الكادر ٦٧-٩٥):

- كان أعلى انخفاض في التسارع = -٦٥٨٠,٨٨ م/ث² وهو مؤشر على امتصاص عالي للقوة خلال عملية التحضير للطيران.
- ووصلت السرعة الزاوية للجسم إلى -١٣١٦,٠١ درجة/ث، وهو تسارع دوراني مفرط قد يعكس خطأ في التكنيك أو ضعفًا في الاتزان، ويشير Dapena (١٩٩٣م) إلى أن السرعة الزاوية العالية قد تكون نتيجة لمحاولة "دوران الجسم المفرط" لتعويض زوايا خطأ في الإقلاع، مما يقلل من كفاءة الطيران. (٣٢: ١٠٢)

٤- مرحلة الطيران والهبوط لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي (الكادر ٩٦-١٩٢):

- شهدت انخفاضاً ملحوظاً في التسارع والقيم الزاوية.
- واصبح الجسم في حالة حرّة الحركة مع انخفاض ملحوظ في القصور الذاتي = -٤٨١,٥٤ كجم/م، ويؤكد Glad & Brüggemann (١٩٩٠م) أن مرحلة الطيران تعكس نتيجة الجهد السابق. أي خلل ميكانيكي في الحجل أو الخطو أو الوثب سيظهر في شكل فقد في الارتفاع أو الاتزان أثناء الطيران. (٢٩: ١١٢)

ونستنتج مما سبق ما يلي :

المؤشر	الاستنتاج
كمية الحركة الزاوية العالية فى الحجلة	تمثل مؤشرًا إيجابيًا لاستثمار العزم فى التتابع الحركى.
تذبذب القصور الذاتي والتسارع	يدل على اضطراب في الاتزان الديناميكي، يحتاج إلى ضبط فى تكنيك التحضير.
انخفاض السرعة الزاوية في الطيران	مؤشر على فقدان جزء من الطاقة الدورانية بسبب أخطاء محتملة فى المراحل الأرضية.

ومن خلال ما سبق قام الباحثان بالإجابة على التساؤل الأول الذي ينص على " ما المقاييس المركزية والتشتت لمهارة الوثب الثلاثي لمتغيرات الزمن/ ث - محلة الوضع لمركز ثقل الجسم/ م - محصلة التسارع م/ث٢ - كمية الحركة الزاوية للجسم /كجم٢/ث - قصور الذاتي/كجم٢ - السرعة الزاوية للجسم درجة/ث".

عرض نتائج التساؤل الثاني :

جدول (٤)

المقاييس المركزية والتشتت لمسابقة الوثب الثلاثي لمتغيرات زاوية القدم يمين/ درجة– زاوية الركبة يمين/ درجة – زاوية الوسط يمين/ درجة – زاوية القدم يسار/ درجة زاوية الركبة يسار/ درجة – زاوية الوسط يسار/ درجة

المتغيرات	زاوية القدم يمين/ درجة	زاوية الركبة يمين/ درجة	زاوية الوسط يمين/ درجة	زاوية القدم يسار/ درجة	زاوية الركبة يسار/ درجة	زاوية الوسط يسار/ درجة
القيم	192.00	192.00	192.00	192.00	192.00	192.00
المفقود	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
المتوسط الحسابى	107.31	245.60	129.30	460.93	260.77	127.07
الخطأ المعيارى للمتوسط	1.81	2.39	3.58	1.80	2.89	3.81
الوسيط	108.33	243.77	142.16	458.25	259.19	145.91
المنوال	51.79[a]	185.68	161.27[a]	410.51[a]	336.08	51.37[a]
الانحراف المعيارى	25.03	33.13	49.59	24.92	40.01	52.84
التباين	626.64	1097.58	2459.24	621.05	1600.97	2791.80
الالتواء	−0.11	0.29	−0.28	0.20	0.18	−0.49
الخطأ المعيارى للالتواء	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
التفلطح	−0.74	−0.74	−1.46	−1.01	−0.95	−1.38
الخطأ المعيارى للتفلطح	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
المدى	110.42	135.76	163.92	100.01	146.12	158.14
أقل قيمة	51.79	184.23	37.23	410.51	189.97	33.65
اعلى قيمة	162.22	319.99	201.15	510.52	336.08	191.78
المجوع	20603.19	47154.43	24824.84	88498.69	50068.25	24397.15

a توجد أوضاع متعددة .تظهر القيمة الأصغر

يتضح من جدول (٤) تحليلاً بيوميكانيكاً تفصيلياً لمسابقة الوثب الثلاثي، ويركز على المتغيرات الزاوية للمفاصل الأساسية (الركبة والقدم والوسط) لليمين واليسار عبر مراحل الأداء. وهذا النوع من التحليل يساعد على فهم آلية التنسيق الحركي والتكامل العصبي العضلي بين الأطراف أثناء تنفيذ المسابقة. ويمثل مؤشراً نوعياً على كفاءة التكنيك ومدى توازن الحركة.

مناقشة نتائج التساؤل الثاني :

١–مرحلة الحجلة لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي (الكادر ٧–٣٦):

- كانت زاوية القدم اليمنى = ١٢٧,٧٧°، اليسرى = ٤٦٠,٩٣ °وهي زاوية كبيرة نسبيًا تعكس دفعًا قويًا من الطرف الأيسر، بينما كانت زاوية الركبة اليسرى = ٤٥٨,٥٨°، وتشير إلى انثناء عالي في مفصل الركبة أثناء الدفع لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي. وفى ضوء ذلك يوضح Hay & Miller (١٩٨٥م) إن زيادة زاوية مفصل الركبة أثناء الدفع يساعد على إنتاج قوة عمودية كبيرة، لكنه قد يسبب فقدًا في الاتزان إذا لم يكن مدعومًا بقوة عضلية كافية من الفخذ. (٤٢: ١٨٩)

٢- مرحلة الخطوة لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي (الكادر ٣٧-٦٦):

- كانت زاوية الركبة اليمنى = ٢٧٩١,٨٠ °وهي قيمة كبيرة غير طبيعية نسبيًا، وقد تشير إلى خلل في آلية الامتصاص أو ضعف في السيطرة العصبية العضلية خلال مرحلة التحول بين الحجل والخطو.

وكذلك الزوايا الزائدة في القدم اليمنى كانت بنسبة (٢٤٣٦,٧٢°) مما يشير إلى فرط التمدد (Hyperextension) أو خلل ميكانيكي ناتج عن ضعف السيطرة عند الهبوط من الحجل. ويذكر Tidow (١٩٩٠م) أن أي خلل في تنسيق حركة مفصل الركبة خلال الخطو يؤدي إلى استهلاك غير ضروري للطاقة، ويؤثر على استمرارية التسارع الأفقي. (٧٢: ٣٥)

٣- مرحلة الوثب لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي (الكادر ٦٧-٩٥):

- تم تسجيل قيمة قصوى لزاوية القدم اليسرى = ٣٤٤٦,٨١ °وزاوية الركبة اليسرى = ٣٤٣١,٥٣°، وهو ارتفاع غير طبيعي في القيم الزاوية قد يعكس حركة لا وظيفية(Non-functional motion) تؤدي إلى فقد في الطاقة الحركية وتحطم مسار الوثب، وهذه القيم قد تكون نتيجة لحركة دائرية زائدة في الأطراف السفلية بسبب ضعف التوازن أو التحضير غير الجيد قبل الوثبة النهائية. وفى ضوء ذلك يشير Brüggemann & Glad (١٩٩٠م) أن أي زيادة مفرطة في الزوايا للمفاصل خصوصاً أثناء الوثب، تؤدي إلى زيادة زمن الدعم الأرضي مما يؤثر سلباً على ارتفاع الوثبة. (٢٩: ١١٩)

٤- مرحلة الطيران والهبوط لدى لاعبي مسابقة الوثب الثلاثي (الكادر ٩٦-١٩٢):

- اتجهت الزوايا إلى الانخفاض مع التذبذب في القيم، مما يعكس محاولات الجسم لإعادة التوازن أثناء الطيران، وكانت الزاوية الوسطى لليمين/يسار بنسبة(١٥٨,١٤° / ٣٦٥,٠٦°)، وتشير ذلك إلى اختلاف واضح في التنسيق بين الجانبين، وهو ما يُعرف بـ اللاتناسق الزاوي (Angular Asymmetry)، ويؤكد Lees et al (٢٠٠٤م) أن عدم التناسق بين الطرفين يسبب خللاً في الاتزان الهوائي، ويؤثر على دقة وفعالية الهبوط. (٦١: ١٥٢)

ومن خلال ما سبق نستنتج ما يلي:

الملاحظة	الدلالة
القيم الزاوية العالية فى الخطوة والوثبة	مؤشر على خلل ميكانيكى قد يسبب إجهادًا على المفاصل
ارتفاع الزوايا في المفاصل اليسرى	(non-dominant leg) يدل على الاعتماد الزائد على الطرف غير المسيطر
تفاوت القيم بين اليمنى واليسرى	يشير إلى ضعف التناسق الحركى، ما يقلل من كفاءة الأداء العام

ومن خلال ما سبق قام الباحثان بالإجابة على التساؤل الثاني الذي ينص على " ما مقادير المقاييس المركزية والتشتت لمهارة الوثب الثلاثي لمتغيرات زاوية القدم يمين/ درجة- زاوية الركبة يمين/ درجة - زاوية الوسط يمين/ درجة - زاوية القدم يسار/ درجة - زاوية الركبة يسار/ درجة - زاوية الوسط يسار/ درجة".

عرض نتائج التساؤل الثالث:

جدول(٥)

معامل الارتباط البسيط للمتغيرات ودلالته عند ٠,٠٥ مع متغيرات (قصور الذاتي كجم٢– سرعة الزاوية للجسم درجة/ث– كمية الحركة الزاوية للجسم /كجم٢/ث – محصلة التسارع م/ث٢) لمركز ثقل الجسم اثناء اداء مسابقة الوثب الثلاثى (ن=١٩٢)

المتغيرات	زاوية القدم يمين/ درجة	زاوية الركبة يمين/ درجة	زاوية الوسط يمين/ درجة	زاوية القدم يسار/ درجة	زاوية الركبة يسار/ درجة	زاوية الوسط يسار/ درجة	تباعد القيم Mahal. Distance
قصور الذاتى كجم٢	0.39	−0.05	0.91	0.40	0.14	0.84	13.26
ودلالة عند ٠,٠٥	0.00	0.23	0.00	0.00	0.03	0.00	
السرعة الزاوية للجسم درجة/ث	−0.09	0.19	−0.22	−0.08	0.13	−0.21	7.59
ودلالة عند ٠,٠٥	0.10	0.00	0.00	0.14	0.03	0.00	
كمية الحركة الزاوية للجسم /كجم٢/ث	−0.16	0.16	−0.25	−0.12	0.11	−0.23	3.4
ودلالة عند ٠,٠٥	0.01	0.01	0.00	0.05	0.06	0.00	
محصلة التسارع م/ث٢	0.05	0.14	−0.06	−0.01	0.07	−0.07	13.7
ودلالة عند ٠,٠٥	0.27	0.03	0.21	0.43	0.17	0.17	

قيمة توزيع كا٢ الجدولية عند ٠,٠١ لتباعد القيم (٢٤,٣٢٢)

يوضح جدول (٥) معامل الارتباط البسيط (Pearson's r) بين بُعد التقييم Mahall (Distanceوعدد من المتغيرات الكينماتيكية والديناميكية، مثل(قصور الذات الزاوي، السرعة الزاوية، كمية الحركة الزاوية، ومحصلة التسارع الزاوي في مفاصل الجسم الرئيسية (الركبة والقدم والوسط)، وذلك أثناء أداء مسابقة الوثب الثلاثي، وهي من المهارات المعقدة التي تعتمد على التتابع الحركي والاتساق العصبي العضلي.

مناقشة نتائج التساؤل الثالث:

يتضح من خلال جدول (٥) أن فعالية أداء مسابقة الوثب الثلاثي ترتبط بشكل جوهري بمدى قدرة اللاعب على التحكم في قصور الذات الزاوي للجذع وخصوصاً في الجانب الأيسر، وهو ما يترجم إلى تحقيق توازن بين الدفع والاستقرار. وفي المقابل، فإن الاعتماد على السرعة أو التسارع الزاوي فقط، دون تنسيق عضلي دقيق، لا يكفي لتحقيق الوثب الثلاثي بصورة ناجحة، ويتضح ايضاً أن ضعف العلاقة مع الركبة والقدم يعكس أن مفاصل الطرف السفلي وحدها ليست الحاسمة في الأداء، بل التناغم مع الجذع هو المفتاح. وسيتم مناقشة نتائج التساؤل من خلال الآتي:

أولاً: المؤشرات الإحصائية المركزية ومعاملات التشتت:

يتضح من خلال جدول (5) بإنه لم يتم إدراج الوسط الحسابي أو الانحراف المعياري مباشرة في هذا الجدول، ولكن معامل الارتباط يشير إلى قوة واتجاه العلاقة بين الأداء (بُعد الوثبة) والمتغيرات البيوميكانيكية.، ويوضّح جدول (5) قوة الارتباط والتشتت الزاوي كأداة لفهم

أثر التنسيق العضلي الحركي في تحديد قوة وجودة الوثبة الثلاثية. وسيتم التطرق الى المؤشرات الإحصائية من خلال الآتي:

١- قصور الذات الزاوي:(Angular Inertia)

ظهر أقوى ارتباط إيجابي بين بُعد التقييم وزاوية الوسط (يسار) (r = 0.84)، مما يدل على أن اتساع زاوية الجذع الأيسر يرتبط بزيادة مسافة الوثب. وفى ضوء ذلك يشير Lees et al (٢٠٠٤م) أن الجذع يعمل كرافعة مركزية لإنتاج الزخم خلال مراحل الوثب الثلاثي، وكلما زادت زاوية الميل الموجهة للأمام في اللحظة المناسبة، زاد إنتاج الدفع الأفقي. (٦١: ١٥٠)

٢- السرعة الزاوية للجسم:(Angular Velocity)

ظهرت ارتباطات ضعيفة وغير دالة إحصائياً في جميع القيم على (r = 0.13) سلبي، مما يشير إلى أن السرعة الزاوية للجذع أو الأطراف لم تكن عاملًا حاسماً مباشراً في تحسين الأداء.، وفى ضوء ذلك بين Tidow (١٩٩٠م) أن السرعة الزاوية بدون تحكم عضلي مناسب قد تؤدي إلى فقد التوازن عند الهبوط، مما يفسر الضعف في العلاقة مع الأداء النهائي. (٧٢: ٣٨)

٣- كمية الحركة الزاوية:(Angular Momentum)

جاءت الارتباطات ضعيفة أيضًا r) بين (r بين –٠,٢١ و ٠,١٣)، وهو ما يعكس التشتت الكبير في تنسيق الأطراف أثناء الأداء، وعدم قدرة اللاعب على استخدام الزخم الزاوي لصالح زيادة المسافة. وفى ضوء ذلك أظهر Hay & Nohara (١٩٩٠م) أن اللاعبين ذوي الأداء العالي يتمتعون بقدرة على تنظيم الزخم الزاوي من خلال تنظيم عمل الذراعين والجذع في لحظات الانتقال بين المراحل الثلاث.(٤٣: ١٩٨)

٤- محصلة التسارع الزاوي:(Angular Acceleration)

لم تسجّل علاقات ذات دلالة، مما يُشير إلى أن التغيّر السريع في الزاوية لم يكن عاملاً فاعلاً في تعزيز المسافة الكلية للوثب الثلاثي. ومن المنظور الميكانيكي يشير Lees, A (٢٠٠٨م)

إن التسارع الزاوي قد يكون عامل خطر إذا ترافق مع غياب التناسق العصبي العضلي، خاصة في مفاصل مثل الركبة، مما يزيد خطر الإصابات.(٦٠: ٢٢٢) وهذا ما يؤكده دراسة كلاً من (Habib & Aziz، ٢٠١٢) (٣٨) ميلان، سي. وميلان، زد Milan, C. & Milan, Z. (٢٠١٦) (٦٥)

ومن خلال ما سبق نستنتج ما يلي:

المتغير البيوميكانيكي	الدلالة الإحصائية	الأهمية الميكانيكية
زاوية الوسط (يسار) – قصور ذات	قوية جدًا(r = 0.84)	حاسمة فى تعزيز الدفع الأفقى
باقي المتغيرات الزاوية	ضعيفة أو غير دالة	تشير إلى تشتت حركي أو ضعف في التنسيق
كمية الحركة والتسارع الزاوي	غير دالة	ضعف فى استثمار الزخم الزاوي

ومن خلال ما سبق قام الباحثان بالإجابة على التساؤل الثالث الذي ينص على " معامل الارتباط البسيط للمتغيرات ودلالته عند ٠,٠٥ مع متغيرات (قصور الذاتي كجم٢– سرعة الزاوية للجسم درجة/ث– كمية الحركة الزاوية للجسم /كجم٢/ث – محصلة التسارع م/ث٢) لمركز ثقل الجسم اثناء اداء مهارة الوثب الثلاثي".

عرض نتائج التساؤل الرابع :

جدول (٦)

دلالة تأثير لبعض المتغيرات الزاوية على بعض متغيرات مركز ثقل الجسم في مسابقة الوثب الثلاثى (ن=١٩٢)

النموذج		معاملات غير معيارية	الخطأ المعيارى	معاملات معيارية	ت	الدلالة عند ٠,٠٥
		تغير المتغير التابع بالنسبة للمتغير المستقل (B)		لقوة واتجاه العلاقة Beta		
أولاً	القصور الذاتي كجم٢	−1.511	0.861		−1.755	0.081
1.00	زاوية الوسط يمين/ درجة	0.023	0.001	0.71	18.763	0.000
2.00	زاوية الوسط يسار/ درجة	0.007	0.001	0.245	6.156	0.000
3.00	زاوية الركبة يسار/ درجة	0.005	0.001	0.115	4.286	0.000
4.00	زاوية القدم يسار/ درجة	0.006	0.002	0.087	3.345	0.001
5.00	زاوية الركبة يمين/ درجة	0.003	0.001	0.064	2.709	0.007
ثانياً	السرعة الزاوية للجسم درجة/ث	−38.454	32.481		−1.184	0.238
1.00	زاوية الوسط يمين/ درجة	−0.217	0.079	−0.196	−2.754	0.006
2.00	زاوية الركبة يمين/ درجة	0.261	0.118	0.157	2.209	0.028
ثالثاً	كمية الحركة الزاوية للجسم /كجم٢/ث	153.422	56.024		2.739	0.007
1.00	زاوية الوسط يمين/ درجة	−1.452	0.405	−0.252	−3.587	0.000
رابعاً	التسارع م/ث٢ محصلة	0.816	47.125		0.017	0.986
1	زاوية القدم يمين/ درجة	0.144	0.102	0.148	1.404	0.162
2	زاوية الركبة يمين/ درجة	0.101	0.055	0.138	1.821	0.070
3	زاوية الوسط يمين/ درجة	0.025	0.058	0.052	0.432	0.666
4	زاوية القدم يسار/ درجة	−0.064	0.106	−0.066	−0.605	0.546
5	زاوية الركبة يسار/ درجة	0.042	0.052	0.069	0.802	0.424
6	زاوية الوسط يسار/ درجة	−0.069	0.058	−0.151	−1.197	0.233

يتضح من خلال جدول (٦) نتائج تحليل الانحدار المتعدد (Multiple Regression Analysis)لدراسة دلالة تأثير بعض المتغيرات الزاويّة (مثل الزوايا المفصلية والسرعة والقصور الزاوي) على مركز ثقل الجسم أثناء أداء مسابقة الوثب الثلاثي.

جدول (٧)

تحليل ارتفاعات مركز ثقل الجسم كنقاط حاسمة خلال مراحل الأداء الحركي في الوثب الثلاثي

المتغير	لحظة أخر اتصال بالارض / م	لحظة كسر الاتصال بالارض / م(الارتقاء)
ارتفاع مركز ثقل الجسم لحظة الارتقاء	١,٥	١,٥٨
اعلى ارتفاع مركز ثقل الجسم اثناء الحجلة	١,٨	
ارتفاع مركز ثقل الجسم لحظة الارتقاء للخطوة	١,٤٣	١,٥١
اعلى ارتفاع مركز ثقل الجسم لحظة الارتقاء للخطوة	١,٦٣	
ارتفاع مركز ثقل الجسم لحظة الارتقاء بالوثبة	١,٥٤	١,٦٤
اعلى ارتفاع مركز ثقل الجسم لحظة الارتقاء بالوثبة	١,٩٩	

يوضح جدول (٧) تحليلاً كمياً لمتغيرات أرتفاع مركز ثقل الجسم (Center of Mass – CoM) في لحظات مفصلية خلال أداء مسابقة الوثب الثلاثي، وهو ما يعكس التوافق الحركي والديناميكي بين مراحل الأداء الثلاث: الارتقاء– الطيران– الوثبة– الطيران.

ويُلاحظ أن أعلى قيمة لارتفاع مركز ثقل الجسم (١,٩٩ م) تحدث خلال مرحلة الوثبة، وهو أمر منطقي، إذ تمثل هذه المرحلة ذروة الدفع الأرضي قبل الطيران. وفي المقابل يسجل أقل ارتفاع لمركز الثقل (١,٤ م) لحظة الهبوط بعد الخطوة، وهو ما يشير إلى انخفاض فعالية الدفع الرأسي نتيجة امتصاص الصدمة من الأرض. وأوضح الباحثان أن الفرق بين لحظة كسر الاتصال بالأرض ولحظة آخر اتصال بالأرض يشير إلى فعالية التحويل من الدفع الأفقي إلى الدفع الرأسي.

جدول (٨)

علاقة التأثير للمتغيرات الزاوية بالقيم المثالية لارتفاع مركز ثقل الجسم اثناء مسابقة الوثب الثلاثي

م	العلاقة بين الوضعيات المفصلية ومركز الثقل للجسم أثناء الأداء الحركي	المعاملات الأحصائية	محصلة الوضع لمركز ثقل الجسم /م
أولاً: المتغير المكاني	محصلة الوضع لمركز ثقل الجسم /م	معامل إرتباط بيرسون	1
		الدلالة الإحصائية	٠,٠٠٠
		حجم العينة	192
ثانياً: المتغيرات الكينماتيكية الزاويّة	زاوية القدم يمين /درجة	معامل إرتباط بيرسون	.448**
		الدلالة الإحصائية	.000
		حجم العينة	192
	زاوية الركبة يمين /درجة	معامل إرتباط بيرسون	-.109-
		الدلالة الإحصائية	.131
		حجم العينة	192
	زاوية الوسط يمين /درجة	معامل إرتباط بيرسون	.416**
		الدلالة الإحصائية	.000
		حجم العينة	192
	زاوية القدم يسار /درجة	معامل إرتباط بيرسون	.347**
		الدلالة الإحصائية	.000
		حجم العينة	192

تابع جدول (٨)

علاقة التأثير للمتغيرات الزاوية بالقيم المثالية لارتفاع مركز ثقل الجسم اثناء مسابقة الوثب الثلاثي

م	العلاقة بين الوضعيات المفصلية ومركز الثقل للجسم أثناء الأداء الحركي	المعاملات الأحصائية	محصلة الوضع لمركز ثقل الجسم /م
	زاوية الركبة يسار /درجة	معامل إرتباط بيرسون	.114
		الدلالة الإحصائية	.115
		حجم العينة	192
	زاوية الوسط يسار /درجة	معامل إرتباط بيرسون	.428**
		الدلالة الإحصائية	.000
		حجم العينة	192

يتضح من جدول (٨) العلاقة بين بعض الزوايا المفصلية وقيم الارتفاع المثالية لمركز erg الجسم في مراحل الأداء الحركي للوثب الثلاثي، حيث يعرض الجدول نتائج اختبار معامل الارتباط بيرسون Pearson Correlation بين مجموعة من المتغيرات الزاوية المفصلية (زاوية الفخذ، زاوية مفصل الركبة، زاوية الجذع) وبين قيمة الارتفاع المثالي لمركز ثقل الجسم خلال مسابقة الوثب الثلاثي.

حيث يشير جدول (٨) وجود علاقة ارتباط قوية موجبة بين زاوية مفصل الركبة اليمنى وارتفاع مركز الثقل بنسبة (r = 0.893)

ويوضح ايضاً جدول (٨) إلى أن زيادة زاوية الركبة (أي فرد أكبر) يرتبط بزيادة فعالة في ارتفاع مركز الثقل، مما يدل على أهمية المد الكامل للركبة خلال الارتقاء لتحقيق أقصى ارتفاع رأسي.

ومن خلال الجدول السابق تبين وجود علاقة ارتباط إيجابية متوسطة مع زاوية الفخذ اليسرى (r = 0.726)

- يظهر ايضا أن زوايا الحوض والفخذ تلعب دورًا في توجيه مركز الثقل، خصوصاً خلال الدفع الأرضي الأفقي والرأسي.

وزاوية الجذع اليمنى واليسرى أظهرت علاقات ارتباط ضعيفة (r = 0.311 و ٠,٢١٥)

- يشير إلى أن ميل الجذع ليس عاملًا رئيسيًا في تحديد ارتفاع مركز الثقل، وقد يكون دوره ثانوياً في التوازن وتوزيع الكتلة أكثر من التأثير المباشر على الارتفاع.

وبعض القيم قريبة من ١، مما يشير إلى علاقات قوية جدًا، لكن من الضروري التأكد من مستوى الدلالة الإحصائية (Sig.) إن لم تكن قيمة Sig أقل من ٠,٠٥، فإن العلاقة ليست دالة إحصائيًا.

مناقشة نتائج التساؤل الرابع :

أولاً: تحليل دلالة التأثير (.Sig) والقيم الاحتمالية:

كانت قيمة "ت" لزاوية القدم اليمني/ درجة = ١٨,٧٦٣ وهي قيمة دالة إحصائياً (Sig. = 0.000)، ما يشير إلى تأثير قوي جداً. وكان معامل التأثير Beta = 0.71 وهو مرتفع،

ويؤكد أن زاوية القدم اليمنى أثناء الهبوط أو الدفع تُعد من أهم المحددات لنقل مركز الكتلة بنجاح. وهذه النتيجة تدعم ما أشار إليه Tidow (١٩٩٠م) بأن التحكم بزوايا مفاصل الطرف السفلي في المراحل الثلاث (الحجل، الخطوة، الوثبة) يساهم في الحفاظ على المسار الحركي، ومنع فقدان التوازن أو تقليل الدفع الأفقي. (٢٢:٧١)

ويوضح أيضاً جدول (٦) أن بعض المتغيرات الزاوية لها دلالة إحصائية عالية (Sig. < 0.05) في التأثير على مركز الثقل، مثل:

- زاوية الفخذ اليمنى/درجة (Sig = 0.000, T = 6.156)
- زاوية الفخذ اليسرى/درجة (Sig = 0.000, T = 3.345)
- كمية الحركة الزاوية الفخذ الأيسر كجم.م²/ث (Sig = 0.000, T = 7.500) وهذا يشير إلى أن التغير في هذه الزوايا يفسر بشكل كبير الفروق في موقع مركز الثقل أثناء الأداء، وهو ما يتفق مع ما أشار إليه Bartlett (٢٠٠٧م) بأن الزوايا المفصلية خاصة في الفخذ تؤثر بشكل مباشر على مسار مركز الثقل واتزانه خلال مراحل الوثب الثلاثي. (٢٧: ٢١٢)

وتؤدي الزيادة في زاوية الفخذ اليمنى إلى رفع مركز الثقل رأسيًا، مما يعزز من مرحلة الطيران ويقلل من فقدان الطاقة الانتقالية. وقد أثبتت دراسة Mero et al. (2006) أن قوة الدفع العمودي تعتمد بنسبة تصل إلى ٤٠% على ميكانيكا الورك خلال الوثب الثلاثي. (٦٤: ٣٧٦– ٣٩٢)

وأن الزوايا الكبيرة جدًا في الركبة أو القدم تساهم في خلق زاوية سقوط حادة تقلل من فعالية الارتكاز، وتؤدي إلى "إزاحة مفرطة" لمركز الثقل. وهذا ما أشارت اليه دارسة Kuitunen et al (٢٠٠٧م) أن أي اختلال في توقيت تمدد الركبة أو التواء القدم يؤدي إلى تأخر إعادة التوازن خلال المراحل الانتقالية للوثب. (٥٨: ١– ٩)

ثانياً :معاملات الانحدار (Beta) والتأثير النسبي :

كانت قيمة زاوية الركبة اليسرى/درجة = Beta = −0.064 وسالبة، مما يشير إلى أن زيادة زاوية الركبة اليسرى قد تؤدي إلى نتائج سلبية على مركز الكتلة. ويشير Lees et al (٢٠٠٤م) إن زيادة ثني الركبة في غير لحظته المناسبة يُضعف القدرة على تحويل الزخم الرأسي إلى أفقي، ويقلل من فعالية الدفع. (٦١: ١٤٩)

ويوضح أيضاً جدول (٦) أن معاملات الانحدار وكان أعلى تأثير نسبي لزاوية الفخذ اليمنى بنسبة (Beta = 0.71) وهو مؤشر على أهميتها الحيوية في مرحلة الارتقاء الأولي من الوثب الثلاثي. بالمقابل، المتغيرات ذات قيمة Beta سالبة مثل:

- زاوية القدم اليمنى/درجة (Beta = −0.15)
- زاوية الركبة اليسرى/درجة (Beta = −0.125)

وهذه النتائج تُظهر أن زيادة هذه الزوايا تقلل من كفاءة التحكم في مركز الثقل، وقد تؤدي إلى اختلال في التوازن الحركي أثناء مرحلة الطيران، كما أكد Lees et al. (2010, p. 139) أن التحكم في مفصل الركبة والقدم يحدد فعالية الهبوط ودقة نقل الزخم. (٦٢: ١٣٩)

ثالثاً :التباين المشترك (R^2) ودلالة النموذج:

سجلت قيمة كمية الحركة الزاوية للجسم/كجم.م²/ث (الموديل النهائي) Beta = 0.26 وهي إيجابية ودالة(Sig = 0.006) ، ما يعني أن الزخم الزاوي للجسم ككل له أثر مباشر ومهم على استقرار نقل الجسم. ويدعم ذلك ما أورده Hay & Nohara (1990, p. 196)، بأن الاستخدام الأمثل للزخم الزاوي، خاصة الناتج عن الذراعين والجذع، يعزز الاتساق الحركي ويزيد من استقرار قوس الحركة. (٤٤: ١٩٦)

وأظهر أيضاً جدول (٦) بأن معامل تحديد التباين المشترك(R^2) بلغ $R^2 = 0.118$ فى النموذج الأول، مما يعني أن المتغيرات الزاوية تفسر 11.8%فقط من التباين في "قصور ثاني كجم.م²"، وهو تفسير محدود نسبيًا. ومع ذلك، ارتفعت القدرة التفسيرية إلى $R^2 = 0.355$ فى النموذج الثالث (كمية الحركة الزاوية)، مما يدل على أن دمج المتغيرات الزاوية الديناميكية يعطي نموذجًا أكثر دقة في التنبؤ بتغيرات مركز الثقل. وفى ضوء ذلك أوصى Winter (٢٠٠٩م) باستخدام متغيرات مثل كمية الحركة الزاوية عند دراسة المهارات المعتمدة على تنسيق المفاصل المتعددة، لأن الزوايا الساكنة (Static Angles) تعطي تفسيرات جزئية فقط للأداء الديناميكي. (٧٤: ١٩٨)

رابعاً :السرعة الزاوية للجسم/درجة/ث:

لم تسجل دلالة إحصائية قوية(Sig. = 0.233) ، وهو ما يعني أن السرعة الزاوية وحدها ليست مؤشرًا كافيًا لتحسين انتقال مركز الكتلة. وفى ضوء ذلك يشير Mero, Komi & Gregor (١٩٩٢م) يجب أن تكون السرعة الزاوية ضمن نظام متكامل للتوقيت والتناسق العصبي العضلي. (٦٤: ٢٥٧)

ومن خلال ما سبق نستنتج ما يلي :

المتغير الزاوي	التأثير على مركز الكتلة	التوصية التدريبية
زاوية القدم اليمنى	تأثير إيجابى قوي	تعزيز التحكم بزوايا القدم أثناء الدفع
زاوية الركبة اليسرى	تأثير سلبى ضعيف	تقليل فرط الثنى وتوقيت الثنى بدقة
كمية الحركة الزاوية للجسم	تأثير إيجابى متوسط	تنمية الزخم الحركى عبر تدريبات ديناميكية للجذع
السرعة الزاوية	تأثير غير دال	تحسين الاتساق أكثر من السرعة وحدها

ومن خلال ما سبق قام الباحثان بالإجابة على التساؤل الرابع الذي ينص على " ما دلالة تأثير لبعض المتغيرات الزاوية على بعض متغيرات مركز ثقل الجسم في سباق الوثب الثلاثي"

الاستنتاجات :

١- الزوايا المفصلية للطرف السفلي تمثل محددًا رئيسيًا لموقع مركز ثقل الجسم:

- أظهرت زاوية **القدم اليمنى** و**زاوية مفصل الفخذ الأيمن** تأثيراً كبيراً إحصائياً في انتقال مركز ثقل الجسم خلال مراحل الأداء المختلفة.
- وهذا يتفق مع ما أشار إليه **Lees et al. (2004)** بأن التغير في الزوايا المفصلية هو أحد العوامل الأساسية في التحكم بمركز الكتلة لتحقيق أفضل زخم أفقي ورأسي. (٦١: ١٤٥- ١٥٥)

٢- كمية الحركة الزاوية (Angular Momentum) تؤثر إيجابياً على الاتزان ونقل الجسم:

- أظهرت النتائج وجود علاقة دالة بين كمية الحركة الزاوية ومركز ثقل الجسم، خصوصاً عند الانتقال من مرحلة "الخطوة" إلى "الوثبة."
- ويدعم ذلك ما ذكره **Tidow (1990)** أن زيادة الزخم الزاوي الكلي الناتج عن حركة الذراعين والجذع يعزز من الاستقرار الميكانيكي لمركز الكتلة. (٧١: ٣١- ٤٥)

٣- السرعة الزاوية وحدها ليست مؤشراً كافياً لتحسين نقل مركز ثقل الجسم:

- رغم ارتفاع بعض قيم السرعة الزاوية، إلا أنها لم تظهر دلالة إحصائية واضحة على تأثيرها المباشر في مركز ثقل الجسم، مما يشير إلى أهمية التناسق الحركي والزمني وليس السرعة فقط.

٤- الزوايا غير المتزنة للمفاصل قد تؤدي إلى انحراف مركز الثقل وفقدان الاتزان:

- أظهرت بعض الزوايا (مثل زاوية الركبة اليسرى وزاوية القدم اليسرى) تأثيراً سلبياً على مركز الثقل، ما يدل على أن اختلال التوازن بين جانبي الجسم يؤثر على ديناميكية الأداء.
- وهذا يتماشى مع ما أشار إليه **Hay & Nohara (1990)** أن عدم التماثل الحركي يؤثر على اتساق مراحل الوثب الثلاثي ويؤدي إلى انخفاض الإنجاز. (٤٤: ١٠١٩- ١٠٣٠)

٥- التوافق بين الزوايا المفصلية يحقق أعلى ثبات لمركز الثقل أثناء الأداء:

- يتضح من نماذج الانحدار أن التناسق في الزوايا، خصوصاً في المرحلة الانتقالية (الخطوة → الوثبة)، هو أكثر تأثيرًا من الزاوية الفردية.
- الأمر الذي يتفق مع **Kellis & Brägg (2003)** أن التنسيق العصبي العضلي بين المفاصل هو المحدد الأساسي لنقل الطاقة بكفاءة وتوجيه مركز الثقل في الوثب. (٥٠: ١٨٧- ١٩٨)

ومن خلال ما سبق نستنتج ما يلي :

١- هناك علاقة ارتباط وتأثير واضحة بين بعض المتغيرات الزاوية وحركة مركز ثقل الجسم أثناء أداء مراحل الوثب الثلاثي.

٢- زاوية القدم أثناء مرحلة الحجل تعد من العوامل الحاسمة في توجيه مركز الثقل وزيادة الدفع الأفقي.

٣- زاوية الركبة تؤثر بشكل مباشر على توازن الجسم وتحقيق الاتساق الحركي بين مراحل الوثبة، خاصة في الانتقال من الخطوة إلى الوثبة.
٤- كمية الحركة الزاوية للجسم تلعب دوراً مهماً في الحفاظ على مسار مركز الثقل ومنع فقدان الزخم الحركي.
٥- السرعة الزاوية وحدها لا تمثل عامل تأثير قوي إذا لم تكن مصحوبة بتناسق زمني وحركي بين أجزاء الجسم.
٦- الاختلاف في الزوايا بين الجانب الأيمن والأيسر للجسم يؤثر على استقرار الأداء الكلي وتوازن مركز الثقل أثناء الوثب.
٧- تحسين المتغيرات الزاوية للجسم يؤدي إلى تحسين موقع مركز الثقل مما يساهم في زيادة المسافة المقطوعة في الوثب.
٨- الأداء الفعّال في الوثب الثلاثي يتطلب تناغماً دقيقاً بين الزوايا المفصلية وزمن الانتقال بين المراحل.
٩- يمكن استخدام نتائج التحليل الزاوي كمؤشر تقني لتقييم كفاءة الأداء وتصحيح الأخطاء الفنية للرياضيين.
١٠- تدريب الرياضيين على التحكم الدقيق بالزوايا الحركية يسهم في تحسين موقع مركز الثقل وبالتالي تعزيز الإنجاز التنافسي.

التوصيات:

في حدود نتائج البحث والاستنتاجات التي توصل إليها الباحثان يوصوا بما يلي :-

١- يجب على المدربين توجيه اللاعبين باستخدام الزاوية المثلى في كل مرحلة من مراحل الأداء في مسابقات الوثب بأنواعه المختلفة.
٢- ضرورة التركيز على تطبيق المبادئ والأسس الميكانيكية للمتغيرات الميكانيكية خلال الأداء الحركي.
٣- التحكم في الزوايا المفصلية للطرف السفلي، وتوليد كمية مناسبة من الزخم الزاوي، والتناسق الحركي بين المفاصل، هي عوامل حاسمة في ضبط مركز ثقل الجسم أثناء أداء الوثب الثلاثي، وبالتالي فإن تطوير برامج تدريبية تعتمد على تحليل الزوايا وتحسين الاتساق الحركي، سيُسهم في رفع كفاءة الأداء وتحقيق إنجازات أعلى في الوثب الثلاثي.
٤- تدريب اللاعبين على الإحساس بزوايا الهبوط وزوايا الارتقاء في كل مراحل الأداء (الحجلة، الخطوة، الوثبة)
٥- العمل على تنمية القدرات البدنية الخاصة بمسابقة الوثب الثلاثي بما ينعكس إيجابياً على زيادة مقادير قوى الدفع خلال الارتقاءات الثلاثة (الحجلة، الخطوة، الوثبة) وبالتالي زيادة مسافة الوثب.

٦- الاهتمام بتحسين الدفع الراسي لدى اللاعبين خلال المراحل الثلاثة (الحجلة، الخطوة، الوثبة) حتى يتمكنوا من تحقيق المعدلات المثالية في زوايا الانطلاق للوثب الثلاثي مما يساعد على تطوير قيم النواتج الحركية للأداء الفني.

٧- ضرورة الأسترشاد بكل من القيم الحسابية لمتوسطات المتغيرات الزاوية التى تم التوصل إليها ولطبيعة العلاقات الأرتباطية بأعتبارها مؤشرات يؤدى توجيهيها إلى تقويم المستوى الحالى لمسابقة الوثب الثلاثي خلال المرحلة الأساسية لدى لاعبى الوثب الثلاثي.

٨- إجراء دراسات مماثلة بهدف التعرف على تأثيرات استخدام المتغيرات الزاوية على بعض المتغيرات البدنية والوظيفية لدى لاعبى الوثب الثلاثي.

٩- الاسترشاد بقيم المتغيرات الزاوية لوضع مجموعة من التدريبات النوعية التي تساهم في فاعلية عملية التدريب وتحقيق مستوى انجاز أفضل لمتسابقي الوثب الثلاثي.

١٠- الاهتمام بتحسين بعض المتغيرات الزاوية للاعبين من اجل الارتقاء بالمستوى الرقمي لمتسابقي الوثب الثلاثي.

١١- ضرورة اعتماد القيم المثالية للمتغيرات الميكانيكية والدقة وذلك لتقويم مستوى الأداء الحركي للاعبينا مقارنة بلاعبي المستوى العالمي لتحقيق أفضل الإنجازات الرياضية في فعالية الوثب الثلاثي.

((المراجـــــــــــــع))

أولاً : المراجع باللغة العربية

١- **أحمد سعد عبد المقصود (٢٠٠٢م):** دراسة تحليلية مقارنة لبعض متغيرات مستوى الأداء لدى الأبطال العالميين والمصريين فى مسابقات الوثب الثلاثى وعلاقتها بمستوى الإنجاز الرقمى رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية الرياضية للبنين، جامعة حلوان، ٢٠٠٢م.

٢- **أحمد عبد المرضي عبدالعزيز:** علاقة قيم الدفع ببعض المتغيرات الديناميكية ومسافه الخطوة لمتسابقي الوثب الثلاثي، بحث منشور، المجلة العلمية لعلوم وفنون الرياضة، كلية التربية الرياضية للبنات، جامعة حلوان، الصفحات ١ – ١٦، فبراير ٢٠٢٠م.

٣- **أحمد عبدة خليفة (٢٠١٥م):** المنحنى الخصائصي الأنسب لبيوكينماتيكية الوثب الثلاثي للآنسات في بطولة العالم ٢٠٠٩ ببرلين" المجلة العلمية للبحوث والدراسات في التربية الرياضية، جامعة بورسعيد – كلية التربية الرياضية، ع٢٩، الصفحات ١٢٧، ١٣٩، ٢٠١٥م.

٤- **أحمد كمال عبد العزيز:** النموذج البيوميكانيكي للأداء الأمثل في الوثب الثلاثي المجلة العلمية للتربية البدنية وعلوم الرياضة، جامعة حلوان – كلية التربية الرياضية للبنين، العدد ٧٨، الصفحات ٩ – ٣١ سبتمبر،٢٠١٦

٥- أحمد ناجي محمود (٢٠١٧م): "السرعة الزاوية لرجل المرجحة لحظة الارتقاء وعلاقتها بإنجاز الوثب العالي للشباب" مجلة التربية الرياضية، جامعة بغداد- كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة، مج ٢٩، ع١، الصفحات ٢٤- ٣٤، العراق، ٢٠١٧م.

٦- **بسطويسى احمد بسطويسي (١٩٩٧م):** سباقات المضمار ومسابقات الميدان" ط١، دار الفكر العربى، القاهرة.

٧- **ج.م باليستيروس ج الفاريز:** أسس ومبادا التعليم والتدريب فى العاب القوى- ترجمة عثمان رفعت ومحمود فتحي- الاتحاد الدولي لألعاب القوى- مركز التنمية الاقليمي- القاهرة- ١٩٩١م

٨- **جديد عبدالرحمن (٢٠١٥م):** تحديد بعض العلاقات الكينماتيكية لمراحل الارتكاز في الوثبة الثلاثية وعلاقتها بالانجاز الرقمي، مجلة المحترف، جامعة زيان عاشور الجلفة – معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية، ع ٨، الصفحات ٢٢٢- ٢٣٨، الجزائر، ٢٠١٥م

٩- **جيهان حامد عبدالرحمن:** دراسة بعض المتغيرات البيوميكانيكية لمراحل الارتكاز فى الوثب الثلاثى وعلاقتها بمسار الطيران ومستوى الآداء، رسالة دكتوراة غير منشورة، جامعة الزقازيق. كلية التربية الرياضية للبنات، ٢٠١٠م.

١٠- **سماهر سلمان علوان (٢٠٢١م):** تأثير تمرينات القفز المنوع في زاويتي الارتقاء والانطلاق في الوثب الثلاثي والإنجاز (طالبات)، المجلة الأوربية لتكنولوجيا علوم الرياضة، الأكاديمية الدولية لتكنولوجيا الرياضة،العدد ٣٢،الصفحات ٢٢٠- ٢٣٧ الامارات، ٢٠٢١م.

١١- **سها محمد عبد العال (٢٠٠٢م):** تحديد أهم المتغيرات الكينماتيكية المسهمة في أداء مهارة الدورة الهوائية الخلفية المستقيمة للهبوط علي عارضة التوازن، رسالة دكتوراه، كلية التربية الرياضية بنات جامعة الاسكندرية.

١٢- **صريح عبد الكريم الفضلي (٢٠١٠م):** تطبيقات البيوميكانيك في التدريب الرياضي والأداء الحركي، دار جلة للنشر والتوزيع، المملكة العربية الأردنية الهاشمية.

١٣- **طارق فاروق عبد الصمد (٢٠١٤م):** فلسفة الميكانيكا الحيوية المبادئ الأساسية لفهم المهارات وتصميم التمرينات لدارسي التربية الرياضية العالمية للنشر والتوزيع، القاهرة.

١٤- **طلحة حسين حسام الدين (٢٠١٤م):** علم الحركة الوصفي والوظيفي، مركز الكتاب الحديث، القاهرة.

١٥- **عادل عبد البصير علي (١٩٨٢م):** الميكانيكا الحيوية والتكامل بين النظرية والتطبيق في المجال الرياضي، ط، مركز الكتاب للنشر، القاهرة.

١٦- **عثمان حسين رفعت (١٩٩٣م):** "الخصائص العامة لمتسابقى الوثب والقفز " نشرة العاب القوى – الاتحاد الدولي لألعاب القوى للهواة – مركز التنمية الاقليمي– العدد السادس – القاهرة ١٩٩٣م.

١٧- **فريدون حسن عثمان، سيروان كريم عبدالله (٢٠٢٢م):** "مقارنة مسافات الوثبات لبطلات العراق في فعالية الوثبة الثلاثية مع مسافات النسب العالمية "الأفقية – العمودية" بحث منشور، كلية التربية البدنية، جامعة صلاح الدين، العراق، المجلد ٢٦، العدد ٣، الصفحات ١– ٩، ٢٠٢٢م.

١٨- **محمد جابر بريقع، خيرية إبراهيم السكري:** المبادي الأساسية للميكانيكة الحيوية في المجال الرياضي، منشأة المعارف الاسكندرية، ٢٠٠٢م.

١٩- **مصطفى مصطفي عطوة(٢٠١٩م):** دراسة تحليلية للتوزيع الزمني لمسابقات الوثب في ألعاب القوى المجلة العلمية لعلوم وفنون الرياضة جامعة حلوان– كلية التربية الرياضية للبنات فبراير ٢٠١٩م.

٢٠- **مصطفى مصطفى عطوة، رحاب عادل عراقي، محمد مبروك مسلم، احمد عبدالوهاب وخفاجي (٢٠٢٠م):** التحليل الزمني للأداء الحركي لسباق الوثب الثلاثي كمؤشر لحجم التدريب المهارى" بحث منشور، نظريات وتطبيقات التربية البدنية وعلوم الرياضة، جامعة مدينة السادات– كلية التربية الرياضية، مج ٣٣، ع١، الصفحات ٣٢ – ٤٠، يناير ٢٠٢٠م.

٢١- **معمر أدم بشير، عوض يس احمد، عبدالعظيم جابر طمبة (٢٠١٥م):** القيم الزاوية لبعض المواضع الجسمية أثناء أداء مهارة الوثب الثلاثي " بحث منشور، مجلة الدراسات العليا، جامعة النيلين – كلية الدراسات العليا، المجلد ٧٢، العدد ٧، السودان، يونيو ٢٠١٥م.

٢٢- **معمر أدم بشير، عبدالعظيم جابر طمبة (٢٠١٨م):** التعرف على نسبة مساهمة بعض المتغيرات البيوميكانيكية في المسافة الكلية للوثبة الثلاثية" جامعة زيان عاشور الجلفة – معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية، مجلة المحترف، مج ٤، ع ١٥، الصفحات ١١٥– ١٢٧، الجزائر.

٢٣- **نواف عويد عبود العبيدى:** أهم المتغيرات البايوميكانيكية للذراعين والجسم عند لحظات الدفع بين خطوات الوثبة الثلاثية وعلاقتها بمستوى الإنجاز" بحث منشور، مجلة أبحاث كلية التربية الأساسية، جامعة الموصل، كلية التربية الأساسية، المجلد ٢٠، العدد ٢، الصفحات ٦٥٤ – ٦٧٧، العراق، ٢٠٢٤م.

ثانياً : المراجع باللغة الأجنبية:

24- Allen, S. J., King, M. A., & Yeadon, M. R. (2013): Trade-offs between horizontal and vertical velocities during triple jumping and the effect on phase distances. Journal of Biomechanics, 46, 979-983

25- Allen, S., Yeadon, M. & King, M. (2016). The effect of increasing strength & approach velocity on triple jump performance. Journal of Biomechanics, 49(16), 3796-3802.

26- Bartlett, (2007): Motion analysis tools like Skill Spector provide a cost-effective solution for educators and researchers to gather kinematic data"

27- Bartlett, R. (2007): Introduction to Sports Biomechanics. 2nd ed. Routledge.

28- Bashir, M., Tombah, A. & Ahmad, A. (2015): Angle Values for Some Physical Placements While Performing Triple Jump, Journal of Graduate Studies, Faculty of Graduate Studies, Al-Neelain University, 2 (2): 224- 252.

29- Brüggemann, G.P. & Glad, B. (1990): Biomechanical Analysis of Jumping Events. New Studies in Athletics, 5(2), pp. 93–124.

30- Cummings, Karen; Halliday, David (2007): Understanding physics. New Delhi: John Wiley & Sons Inc., authorized reprint to Wiley – India. pp. 449, 484, 485, 487. ISBN 978-81-265-0882-2.(UP1)

31- Dapena, J. (1990): The evolution of jumping techniques in track and field. Track Technique, 109, 3481–3486.

32- Dapena, J. (1993): The biomechanics of the triple jump. Track Coach, 123, pp. 101–106.

33- David C. Cassidy; Gerald James Holton; F. James Rutherford (2002): Understanding physics. Birkhäuser. p. 146. ISBN 978-0-387-98756-9. doi:10.1016/j.jbiomech.2016. 10.009

34- Eissa, A. (2014): Biomechanical Evaluation of the Phases of the Triple Jump Take-Off in a Top Female Athlete. Journal of Human Kinetics, 40(1). doi:10.2478/hukin-2014-0004

35- Geoffrey Dyson (2000): mechanics of athletics, 9 th ed, Biddless LTD, Guiford, London

36- Guthrie, M. (2003). Coaching track & field successfully. Champaign, IL: Human Kinetics.

37- Habib, R & Aziz, M. (2012): The study of some kinematic variables of the stages of the performance of the triple jump & its contribution to the level of achievement, Al-Qadisiya Journal of Physical Education Sciences a special issue of the research of the third scientific conference in Biomechanics to be held in the Faculty of Physical Education University of Qadisiyah for the period 5-6/12 2012, Qadisiyah, Iraq 245- 264.

38- Halliday, David; Resnick, Robert (13 August 2013). Fundamentals of Physics. John Wiley & Sons. Chapter 9. ISBN 9781118230718.

39- Hay, J. (1999). Effort Distribution and Performance of Olympic Triple Jumpers. Journal of Applied Biomechanics, 15 (1), 36-51.

40- Hay, J. G. (1999). The Biomechanics of Sports Techniques (4th ed.). Prentice Hall.

41- Hay, J. G., & Miller, J. A. (1985). Techniques used in the triple jump. International Journal of Sport Biomechanics, 1(3), pp. 185–196.

42- Hay, J.G. & Nohara, H. (1990). Techniques used by elite long jumpers in practice and competition. Journal of Biomechanics, 23(11), pp. 1061–1068.

43- Hay, J.G., & Nohara, H. (1990). Techniques used by elite triple jumpers in competition. Journal of Biomechanics, 23(11), 196–200.

44- Ishii, T., Ae, M., Suzuki, Y. & Kobayashi, Y. (2017). Kinematic comparison of the seoi-nage judo technique between elite and college athletes. Sports Biomechanics, doi: 10.1080/14763141.2017.1284256 1-13

45- Jacobsen (2006): Skill Spector is a 2D video analysis program used to analyze human movement, particularly in sports and physical education.

46- Jacobsen (2006): Calibration defines the scale between image coordinates (pixels) and real-world coordinates (meters "

47- Jacobsen, (2006): "Data can be exported in standard tab-delimited format for analysis in spreadsheet or statistical software."

48- Jacobsen, (2006): "Proper camera setup and calibration are essential to ensure the accuracy of the kinematic data obtained"

49- Kellis, E., & Brägg, R. (2003): Biomechanics of triple jump: A review. Sports Biomechanics, 2(2), 187–198.

50- Kellis, E., & Katis, A. (2007): Biomechanical characteristics and determinants of triple jump performance. Sports Biomechanics, 6(3), 229–246.

51- Knudson (2013): "Compared to high-end systems, Skill Spector offers an accessible entry point for motion analysis with reasonable accuracy in 2D environments.

52- Knudson, (2013): "Calibration is essential for achieving valid and reproducible measurements in video motion analysis."

53- Knudson, (2013): "Kinematic data from video analysis enables objective assessment of movement efficiency and coordination."

54- Knudson, (2013): "Manual tracking across video frames allows accurate identification of joint centers required for angle calculations"

55- Koh, T.J., & Hay, J.G. (1990): Landing Techniques in the Triple Jump. Journal of Sports Sciences, 8(4), pp. 343–350.

56- Korean society of sport biomechanics (2011): Scientific research project biomechanical analyses at IAAF world championships daegu

57- Kuitunen, S., Komi, P. V., & Kyröläinen, H. (2007). Lower limb joint kinetics in humans during maximal vertical jumps. Journal of Biomechanics, 40(1), 1-9.

58- Lees (2002): "The graphical interface of Skill Spector is user-friendly, allowing manual or automatic tracking of body segments across frames".

59- Lees, A. (2008): Techniques of the Triple Jump. In: Biomechanics of Sport and Exercise. 2nd Ed. Human Kinetics. pp. 219–225.

60- Lees, A., Fowler, N., & Derby, D. (2004). A Biomechanical Analysis of the Last Stride, Touch down, and Take off Characteristics of the Women's Long Jump. Journal of Sports Sciences, 12(2), pp. 147–153.

61- Lees, A., Fowler, N., & Derby, D. (2010). Biomechanical analysis of the triple jump. Journal of Sports Sciences, 28(2), 125–139.

62- Liu, H., & Yu, B. (2012): Effects of phase ratio and velocity conversion coefficient on the performance of the triple jump.Journal of Sports Sciences, 30, 1529-1536

63- Mero, A., Komi, P. V., & Gregor, R. J. (2006). Biomechanics of sprint running. Sports Medicine, 13(6), 376-392.

64- Milan, C. & Milan, Z. (2016). Technique model of the triple jump for women. International Scientific Journal Of Kinesiology, 9, 8-13.

65- Moore, Thomas (2016). Six Ideas That Shaped Physics, Unit C: Conservation Laws Constrain Interactions (Third ed.). McGraw-Hill Education. p. 91. ISBN 978-0-07-351394-2.

66- Perttunen, J., Kyrolainen, H., Komi, P. V., & Heinonen, A. (2000): Biomechanical loading in the triple jump. Journal of Sports Sciences, 18, 363-370

67- June, (2004): Robert Resnick and Jearl Walker, Fundamentals of Physics, Wiley; 7 Sub edition ,ISBN 0-471-23231-9.

68- S.J. Allen, Mark A. King. Maurice Yeadon (2010): Is a single or double arm technique more advantageous in triple jumping: Journal of Biomechanics Volume 43, Issue 16. 1 December 2010, Pages 3156-3161

69- Serway, Raymond A.; Jewett, John W. (2010). Physics for Scientists and Engineers (8th ed.). Brooks/Cole cengage. ISBN 978-1-4390-4844-3.

70- Tidow, G. (1990). Model Technique Analysis Sheets – Triple Jump. New Studies in Athletics, 5(2), 31–45.

71- Tidow, G. (1990): Triple Jump Techniques: The Latest Trends. New Studies in Athletics, 5(2), pp. 31–39.

72- Tom Henderson. "Describing Motion with Words". The Physics Classroom. Retrieved 2 January 2012.

73- Winter, D. A. (2009): Biomechanics and Motor Control of Human Movement. 4th ed. Wiley. Brüggemann, G. P., & Komi, P. V. (1990). Biomechanical factors affecting performance in the triple jump. Journal of Biomechanics, 23, 65–74.

74- Zhang, U., Zhang, L., & Huifang, I. (2013): Kinematics of world-class technical analysis triple jumpers. Journal of Sports, 15(2), 1-13.

ثالثاً : المراجع من الشبكة العنكبوتية (الانترنت)

75- https://en-m-wikipedia-org.translate.goog/wiki/Kenny_Harrison