البناء العاملى للمتغيرات البيوميكانيكية الحاسمة للضربة الأمامية في رياضة الاسكواش

أ.م.د/ رشا عبد القادر على حسن

مقدمة البحث :

شهد العالم تطوراً وتقدما ملحوظا وتحسننا واضحا وملموسا في مختلف الأنشطة الرياضية بهدف الارتقاء و الوصول الي اعلي المستويات الممكنة فتعد اولي خطوات النجاح في أي نشاط رياضي هي اتباع أسلوب البحث العلمي المناسب ، لذا اصبح من الضروري استخدام أسلوب البحث العلمي وتطبيقه علي البيئة المصرية الرياضية حيث شهدت السنوات الأخيرة استثمار الإمكانيات التكنولوجيه والفنية والبدنية والمهارية للرياضيين في التحليل الحركى واصبح لزاما علينا مواكبة هذا التطور بل والتعامل معه لان هذه البرامج والادوات والاجهزة والنظم تتميز بقدر عالى من الموضوعية والثبات في تحليل الحركات،بيوميكانيكيا او أحصائيا.

تعد دراسة النواحى البيوميكانيكية للحركات الرياضية مدخل هام لتحديد نقاط القوة والضعف في الأداء وتتبع المسار الحركى والزمنى للحركات الرياضية لمعرفة الأخطاء وتوجيه المدربين نحو افضل السبل للتدريب وتعتبر رياضة الاسكواش واحدة من الالعاب الفردية التي يكون الجانب المهاري له دور كبير فيها وخاصة دقة الاداء ومدى مقدرة اللاعب على إيصال الكرة الى المكان المناسب.(١٠:٢٠)

فدراسة حركة الجسم البشري التي تتم بالأسلوب الكمي أو الكيفي تساهم بشكل كبير في الحصول على معلومات تفصيلية دقيقة ، حيث نجد أن الأسلوب الكمي يهتم بتوصيف حركة الجسم البشري ككل أو حركة أي جزء من أجزائة توصيفآ قياسيآ أو رقميآ و يساهم في تحويل الأداء الحركي الى قيم قياسية تعبرعن معاني لها مدلولها بالنسبة للمبادئ و القوانين التي يستعان بها من العلوم الأخرى لتفسير هذه القيم، أما الاسلوب الكيفي فيهتم بتوصيف حركة الجسم دون الخوض في تفاصيل القياسات الرقمية.(٦: ٢٤)

ويرى **عادل عبدالبصير (١٩٩٨)** أن التحليل يهدف لوضع خطط التدريب الخاصة بهذه المهارة بشكل علمي يضمن تحقيق أعلي مستوي للأداء عند تطبيق قوانين الحركة الميكانيكية، لذا فإن المعلومات والمفاهيم الفنية المشتقاه يجب أن تعطي في ضوء مجموعة من المعلومات التي تساعد على تحديد الإجراءات الحركة المطلوبة لإنجاز الأداء باعلى كفاءة، كما يعد التحليل الحركي أداة أساسية في جميع الأنشطة الرياضية، إذ يبحث في الأداء ويسعى إلى دراسة أجزاء الحركة ومكوناتها للوصول الى الاداء الأفصل، لذا

فإن التحليل البيوميكانيكي يعد من وسائل المعرفة الحقيقة للمسار اى حل اخضاع الحركة للقوانين الطبيعية والميكانيكية واستثمار هذه القوانين لتحسين وتطوير الحركات الرياضية(٧: ١٥٥).

يشير **احمد عبد المنعم السيوفي (٢٠١٢)** بان الهدف من دراسه علوم الحركه هو الوصول الى اعلى مستوى من الاداء المهاري بما لا يدع مجالا للشك ان العلم حقق وثبه كبيره في الاعتماد على العلوم الحديثه ليكون من المنطق للتقدم. (١: ٢٩-٣٠)

ويؤكد **محمد ابراهيم شحاته (٢٠٠٦م)** الى ان التحليل البيوميكانيكي يوضح أمورا علمية للمدرب واللاعب اذ ان مستوى الانجاز يتوقف على مستوى المعرفة العلمية بأهداف التحليل البيوميكانيكي كعلم كاشف للمهارات الحركية ووضع الحلول المناسبة والدقيقة من قبل الباحثين لحل مشكلات الاداء الفني للمهارات باستخدام تقنيات عالية المستوى للتعرف على أدق المواصفات والخصائص التي تتميز بها اعادة صياغة المهارات وتوجيه مساراتها في نطاق التطبيقات الميدانية لمخرجات الاداء الفني المثالي بهدف الوصول الى المثالية في الاداء.(٨ : ٥٢)

وتعد لعبة الاسكواش أحد أهم الألعاب في جمهورية مصر ً ، حيث تعتبر من أكثر الألعاب إقبالاً وعلي الرغم من الإز دياد الواضح في أعداد اللاعبين إلا أن هذه اللعبة مازالت في حاجة إلي مزيد من البحث والدراسة، كما أن مجال التدريب والقياس والتقويم في الاسكواش مازال يفتقر للأسلوب العلمي في عملية الإنتقاء والتخطيط والتطبيق خاصة في المراحل الأولي من تدريب اللاعبين والذي يؤدي إلي إن إفتقار اللعبة إلي خفاض مستوى الأداء علي المدي البعيد، أيضا الإختبارات العلمية الحديثة والمقننة عند إختيار المنتخبات الوطنية من سن ١١ سنة وحتى مراحل العمومي.

ان لعبه الاسكواش تعتمد على ارجاع المنافس الى نهايه الملعب حتى يتسنى للاعب الوقوف في منتصب الملعب محاولا ركل كره المنافس بعد ارتدادها من الحائط الامامي لانهائها لصالحه وتعد تلك الطريقه هي احد الاستراتيجيات اللعب العالميه المعرفه في مجال لعبه الاسكواش كما ان الناشئين يلعبون بهذه الطريقه في اشواط المباراه الاولى ومع تقدم زمن المباراه يفقد اللاعب القدره على ارجاع المنافس لاخر الملعب بضربات قويه وسريعه للسيطره على منتصفه لبدء الهجوم ولهذا فيجب على اللاعب اداء تلك المهاره بصوره صحيحه.

يشير **ديفيد David pearson ، (2001)** الضربه الاماميه تعتبر من ضربات الاساسيه في رياضه الاسكواش وتاتي في المرتبه الاولى استعدادا وتؤدي هذه الضربه بوجه المضرب الامامي والغرض منها هو ضرب الكره من مسافه بعيده او قريبه للحائط الامامي سواء كانت الكره طائره او مرتده من الارض. (١٢: ٣٢)

كما يذكر **خالد نعيم (٢٠٠٠)** ان المباريات التي يفوز بها اللاعب يستخدم الضربة الاماميه بنسبه ٥١.٤٥% من اجمالي استخدام المهارات الحركيه فى المبارة (٥: ١٢٠)

ومما سبق ترى الباحثه ان الضرب المستقيمه هي اساس الضربات في الاسكواش وهي اول الضربات التي يعتمد عليها المبتدئين لانها اساس جميع الضربات الاخرى وتعتبر اكثر المهارات استخداما في جميع المباريات سواء للناشئين او للعموم ولا يمكن الفصل في كونها مهاره دفاعيه او هجوميه لانها وسيله للدفاع والهجوم ، لذا يجب العمل على دراسة الأداء الحركي يتعلق بمدى صحة التفصيلات الجزئية وبكيفية إتحادها أثناء تأدية الحركات بهدف تحسين وتطوير الاداء الضربة الامامية فى الاسكواش، من خلال اعتمادا على كافه الاساليب العلميه والتكنولوجيه التى تخدم عمليه التعلم التدريب منها التحليل البيوميكانيكى للمهارات الرياضية.

مشكلة البحث وأهميتها :

يتميز التحليل البيوميكانيكى للأداء بصفة عامة بتعدد المتغيرات والاوقات وتزاد صعوبة دراسة النتائج عند استخدام التحليل البيوميكانيكى ثلاثى الابعاد حيث تتعدد المتغيرات ليس فقط مع تعدد المراحل واللحظات ولكن ايضاً مع تعدد المستويات ومحصلتها فيواجه الباحث فى البيوميكانيك بكم هائل من نواتج التحليل نتيجة ذك مما يؤدى الى صعوبة بالغة فى فهمها واستخلاص النتائج منها وتفسيرها. (٣ : ٤)

فمثلا لحظة معينة لمتغير معين مثل الازاحة لمفصل الكاحل الايمن مثلا تجد لها نتيجة على البعد الافقى واخرى على البعد الرأسى واخرى على البعد العرضى واخيرا المحصلة، وهو ما واجه الباحثة بعدد هائل من النتائج والقيم للمتغيرات مع تعدد اللحظات وابعاد التحليل نفسة واللحظات التى تم اختيارها.

ولقد عمدت الباحثة للاساليب الاحصائية المتقدمة والحديثة لمعالجة البيانات بالاضافة لعدد من الاجراءات توضحها الباحثه واستخدام التحليل العاملى وفقا الاستكشافى بطريقة المكونات الاساسية يحقق عدة اهداف اهمها بالنسبة للباحثة وفقا لراى موقع مركز البحوث والدراسات متعدد التخصصات فى ٢٠٢٢/٩/٢٨ والذى يذكر ان التحليل العاملي يستخدم Analysis Factor بشكل أساسي لإختزال أو اختصار البيانات data reduction أو اكتشاف البنية العاملية .detection structure والغرض من اختزال البيانات reduction data هو إزالة المتغيرات الزائدة شديدة الارتباط من ملف البيانات، وربما استبدال ملف البيانات بأكمله بعدد أقل من المتغيرات غير المرتبطة، بينما الغرض من اكتشاف البنية detection structure هو فحص العلاقات الأساسية أو الكامنة بين المتغيرات، وتتم طريقة استخلاص المكونات الرئيسية extraction components principal بإيجاد مجموعة خطية من المتغيرات تسمى مكون component والتي تمثل أكبر قدر ممكن من التباين في المتغيرات الأصلية. ثم

يتم إيجاد مكوِّنا آخر يمثل أكبر قدر ممكن من التباين variation المتبقي وغير مرتبط بالمكون السابق ، وتستمر بهذه الطريقة حتى يتم إيجاد العديد من المكونات مثل المتغيرات الأصلية عادة، ستأخذ بعض المكونات في الاعتبار معظم التباين، وتستخدم هذه الطريقة لتقليل عدد المتغيرات في ملفً البيانات لتحل محل المتغيرات الأصلية وتعبر عنها. (٢٠)

بينما يذكر **مولينو Mullineaux (2008)** في الميكانيكا الحيوية ، غالبًا ما يوجد تباين كبير بين الأفراد ، والذي يمكن أن ينشأ من خلال الأساليب والمجتمع قيد الدراسة. يوفر تقليل هذا التباين طريقة أساسية لزيادة القوة الإحصائية. يمكن تقليل المتغيرات من خلال تصميم البحث وطرقه، أو متوسط عدة محاولات، أو إزالة التشويش فى البيانات التى لاهمية لها وايضا من خلال تصفية المتغيرات، أو تصحيح المعالجات الإحصائية. بالإضافة إلى ذلك ، فإن تقليل التباين في البيانات أمر فعال أيضًا ؛ قد يكون هذا مهمًا بشكل خاص في مجموعات 'النخبة' و 'المصابين' بسبب تفردهم وحجم العينة الصغير الذي يجعل التعميم صعبًا. (١٥: ١٥٩)

كما يؤكد **حسان Hasan (٢٠٢١)** انه قد ازدادت أهمية استخدام الأساليب الإحصائية وأصبحت ضرورية للباحثين والمتخصصين في الميكانيكا الحيوية الرياضية لأنهم يحتاجون إلى طرق أكثر موضوعية ودقة لزيادة المعرفة والوصول لتحقيق أهداف الدراسة. ولتقييم واقع استخدام الدلالة العملية في المقالات المنشورة في المؤتمرات العلمية في الرياضة تخصص الميكانيكا الحيوية. حيث تم تحليل مائة وأربعة وعشرين مقالاً من ١٣٤ من حيث الأساليب الإحصائية لحساب الأهمية العملية لها. اوضحت النتائج انه تم تطبيق الاختبار على المتوسط ، وهو الاختبار الإحصائي الوصفي الأكثر استخدامًا ، في ١١٤ مقالًا (أي ٩٢٪) ؛ تم تضمين اختبار T للعينات المزدوجة ، والذي كان أكثر اختبارات قياس الفرق استخدامًا ، في ٤٥ ورقة (أي ، ٣٦٪) ، واستخدمت الاختبارات الإحصائية التي تقيس العلاقة بين المتغيرات في ٤٦ مقالة (أي ، ٣٧٪). وبالمثل ، لم تستخدم أي عناصر اختبارات إحصائية متقدمة باستثناء ستة مقالات (أي ٥٪) ، والتي استخدمت تحليل الانحدار وتحليل العوامل. كما لوحظ وجود نسبة كبيرة من عدم تطابق الدلالة العملية مع الدلالة الإحصائية للعديد من الاختبارات الإحصائية ، وهو مؤشر سلبي كبير أثر على جودة بحوث الميكانيكا الحيوية الرياضية. (١٣: ٢)

ويوضح **بارتليت Bartlett (٢٠٠٧)** انه غالبًا ما يشار إلى البيانات التي تم الحصول عليها من الرقمنة ، سواء قبل أو بعد التحويل إلى إحداثيات ثلاثية الأبعاد ، على أنها بيانات 'أولية'. تنشأ العديد من الصعوبات عند معالجة البيانات الحركية الخام ويمكن أن يؤدي ذلك إلى أخطاء كبيرة، ويمكن التقليل من بعض الأخطاء عن طريق الاختيار الدقيق للمعدات والاهتمام الصارم بالإجراءات التجريبية. ومع ذلك،

ستظل الإحداثيات الرقمية تحتوي على أخطاء عشوائية (ضوضاء) حيث تستخدم المعالجات الاحصائية المتقدمة للسيطرة عليها. (١١: ١٣٣)

ويؤكد **كنودسون Knudson (٢٠١٧)** على ان العديد من دراسات الميكانيكا الحيوية لها أحجام عينات صغيرة وتحليلات إحصائية غير صحيحة ، وهو أمر شائع في هذا المجال. ولذا يتم تشجيع الباحثين والمراجعين والمحررين لتقارير أبحاث الميكانيكا الحيوية على تحسين أحجام العينات والقوة الإحصائية المستخدمة، وتحسين شفافية التقارير، وتحسين دقة التحليلات الإحصائية المستخدمة.(١٤: ٢)

وخاصة مع التقدم التكنولوجى فى البيوميكانيك، ويعتمد تطبيق أبحاث الميكانيكا الحيوية بشكل طبيعي على دقة نتائج تقارير البحث. لسوء الحظ ، نظرًا لأن العديد من دراسات الميكانيكا الحيوية تستخدم أحجام عينات صغيرة وتحليلات إحصائية غير صحيحة. ويمكن للباحثين فى الميكانيكا الحيوية تحسين دقة النتائج عن طريق تحسين أحجام العينات المعالجات الإحصائية المستخدمة، بتحسين دقة التحليلات الإحصائية.(١٤: ١١)

ولذا فقد تناولت الباحثة دراستها من منظور استخدام التحليلات الاحصائية المتطورة على البيانات الخام الناتجة من التحليل ثلاثى الابعاد لتحقيق اهمية علمية تتمثل استخدام التحليل العاملى بطريقة تتابعية تشبه التحليل العاملى التوكيدى كوسيلة لتحسين وتطوير النتائج فى البيوميكانيك وايضا فى تحديد العوامل الكامنة المؤثر فى اداء لاعبي الضربة الأمامية في الاسكواش فى اداء الضربة وما يترتب عليها من فاعلية التدريب فى الاسكواش من الناحية التطبيقية ، وتتلخص مشكلة البحث فى الإجابة على التساؤل التالى : " **هل يمكن التوصل إلى البنية العاملية للمتغيرات البيوميكانيكية الحاسمة للضربة الأمامية فى رياضة الإسكواش أم لا ؟** "

هدف البحث :

يهدف البحث إلى البناء العاملى للمتغيرات البيوميكانيكية الحاسمة للضربة الأمامية فى رياضة الاسكواش وذلك من خلال :

١- عمل تحليل بيوميكانيكى ثلاثى الابعاد للضربة الأمامية على العينة قيد البحث .

٢- اخضاع المتغيرات للتحليل العاملى لتحديد البناء العاملى من خلال المتغيرات الكامنة المعبرة عن هذه المتغيرات .

٣- تقسيم المتغيرات إلى مجموعات نوعية تتمثل فى (**الازاحة – السرعة – العجلة – زوايا المفاصل – السرعة الزاوية – العجلة الزاوية – كمية الحركة – القوة**) ، ثم عمل تحليل عاملى لتحديد البناء العاملى المؤثر لكل مجموعة والعوامل المعبرة عنها .

٤- اخضاع العوامل البنائية للمجموعات التحليل العاملى النهائى لتحقيق هدف البحث .

تساؤلات البحث :

- ما البنية العاملية للمتغيرات البيوميكانيكية الحاسمة للضربة الأمامية فى رياضة الإسكواش؟

مصطلحات البحث:

البناء العاملى :

هو البناء الحركي (مراحل الحركة الرياضية) لانجاز مهارة أو حركة أو واجب حركي معين نجد أن الجسم يمر بمراحل تساعده على تأدية الحركة .(١٩)

المتغيرات البيوميكانيكية :

هي القوى الداخلية والخارجية التى تؤثر على حركة الأجسام الحية، ونعني بالقوة الداخلية العضلات والعظام والمفاصل والأربطة والأعصاب، أما القوى الخارجية كالجاذبية الأرضية ومقاومات الوسط وقوى الاحتكاك ورد فعل الارض وغيرها من القوى الطبيعية . (١٨)

التحليل الحركى :

دراسة الحركة ومعرفة تأثير المتغيرات الوصفية والمسببة للارتقاء بمستوى أداء الحركة الذي يحقق الهدف منها، وإن دراسة الخصائص الكينماتيكية والكيناتيكية تسمح بالتعليل والحكم على مستوى إتقان الأداء. (١٠: ٤٣)

الاسكواش :

الاسكواش هي رياضة مضرب وكرة مطاطية صغيرة مجوفة، ويلعبها اثنان في حالة المباريات الفردية، أو أربعة في حالة المباريات الزوجية، وذلك في ملعب ذي أربعة جدران يتناوب فيه اللاعبون في ضرب الكرة بمضاربهم في جدران الملعب الأربعة، والهدف من اللعبة هو ضرب الكرة بطريقة تجعل الخصم غير قادر على لعب الكرة مرة أخرى بطريقة صحيحة. (١٦: ٦٨)

إجراءات البحث :

١- **منهج البحث:** المنهج الوصفى القائم على التحليل العاملى للحصول على المتغيرات المطلوب دراستها وذلك لمناسبته لطبيعة البحث.

٢- **مجالات البحث:**

- **المجال المكاني:** تم اجراء التحليل بمعمل كلية التربية الرياضية للبنين – جامعة الاسكندرية.
- **المجال الزماني** :تم إجراء القياسات الأنثروبومترية وتصوير المهارة يوم ٢٠٢٠/٩/٢٠ للموسم الرياضى ٢٠٢٠/٢٠٢١.

٣- **عينه البحث:**

تم اختيار عينة البحث بالطريقة العمدية متمثلة من عدد (٢) من لاعبى المستوى العالى بالنادى الأهلى المصرى، والجدول التالى يوضح القياسات الأساسية الأنثربومترية لعينة الدراسة.

وبناء على ما أشارت إلية المراجع العلمية منها **Duane Knudson,(2017) (١٤)** فيما يخص إشكالية العينات الصغيرة فى البيوميكانيك عمدت الباحثة إلى استخدام اللحظات الخاصة بالتحليل كوحدة (منفرده) فى التحليل الاحصائى حيث أن الباحثة تهدف إلى تحليل النواتج الاجمالية للاداء للاعبين خلال مراحل الحركة المتتابعة.

جدول (١)

القياسات الأساسية والأنثربومترية لعينة الدراسة

القياسات الأساسية والأنثربومترية	اللاعب الأول	اللاعب الثانى	الوسط الحسابي	الإنحراف المعياري
الطول	178	177	177.50	0.71
الوزن	73	73	73.00	0.00
طول القدم	28	28	28.00	0.00
ارتفاع رسغ القدم عن الارض	9	9	9.00	0.00
طول الساق	36	37	36.50	0.71
طول الفخذ	37	35	36.00	1.41
طول الجذع	72	66	69.00	4.24
طول الرقبة والرأس	24	30	27.00	4.24
طول العضد	31	32	31.50	0.71
طول الساعد	28	32	30.00	2.83
طول كف اليد	18	18	18.00	0.00
طول القدم	28	28	28.00	0.00

القياسات الأساسية والأنثربومترية	اللاعب الأول	اللاعب الثانى	الوسط الحسابي	الإنحراف المعياري
طول الطرف السفلى	80	81	80.50	0.71
محيط الفخذين	108	103	105.50	3.54
محيط الخصر السفلى	84	84	84.00	0.00
محيط الخصر	79	84	81.50	3.54
محيط الصدر السفلى	97	99	98.00	1.41
عرض الكتفين	42	38	40.00	2.83
طول الذراع	59	55	57.00	2.83
محيط الكاحل	28	29	28.50	0.71
محيط الساق	38	33	35.50	3.54
محيطالركبة	39	42	40.50	2.12
محيط الفخذ	66	65	65.50	0.71
محيط عضلة deltoid	44	48	46.00	2.83
محيط عضلة biceps	31	31	31.00	0.00
محيط المرفق	27	27	27.00	0.00
محيط الرسغ	18	17	17.50	0.71

➢ **أدوات جمع بيانات البحث :**

- استمارة تسجيل البيانات الخاصة بالقياسات الانثروبومترية. مرفق (١)
- التصوير بالفيديو ثلاثى الابعاد (3D) مرفق (٢)

➢ **الأجهزة والأدوات المستخدمة في القياسات الجسمية :**

١) مضارب اسكواش .
٢) جهاز رستاميتر Rest meter (سم) لقياس الطول .
٣) ميزان طبي معتمد (كجم) لقياس وزن الجسم.

➢ **أجهزة وأدوات التحليل البيوميكانيكى:**

١) كاميرات فيديو من نوع (Go Pro Hero Cmera–١٢٠ gc-high) ذات تردد ١٢٠ كادر في الثانية لتصوير .
٢) جهاز كمبيوتر(مزود ببرنامج للتحليل الحركىSKillSpector 3Danalysis (ثلاثى الأبعاد).
٣) العلامات الضابطة والإرشادية .

➢ **التحليل البيوميكانيكى لمهارة الضربة الامامية فى الاسكواش :**

تم إجراء التصوير ثلاثى الأبعاد لعدد ٦ محاولات بواقع ثلاثة لكل لاعب بإستخدام ثلاث كاميرا طراز gopro hero 5 مضبوطة على تردد ١٢٠ كادر/ثانية، تم أخذ مقياس الرسم ثلاثى الأبعاد ١×١×١ والشكل التالى يوضح أماكن إتخاذ مقياس الرسم للثلاث كاميرات.

جدول (٢)

أماكن إتخاذ مقياس الرسم للثلاث كاميرات

كاميرا تصوير الدراسة	كاميرا ١	كاميرا ٢	كاميرا ٣
مقياس الرسم ثلاثى الأبعاد			

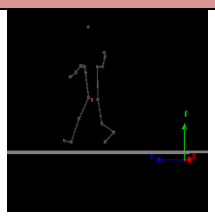
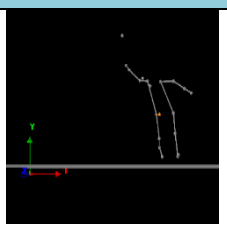
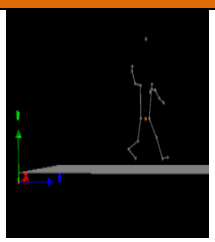
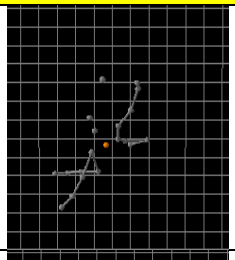
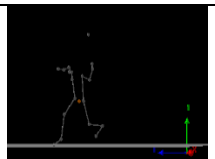
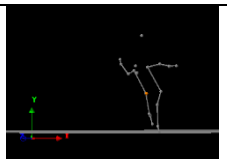
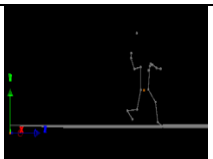
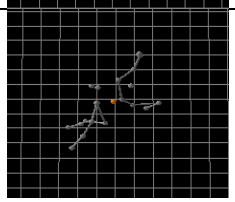
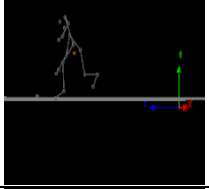
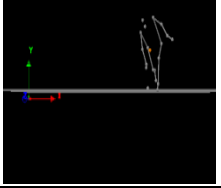
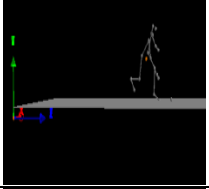
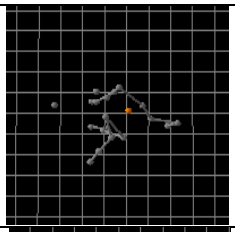
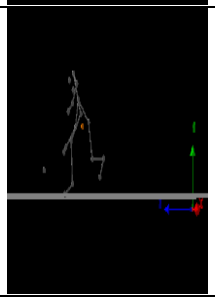
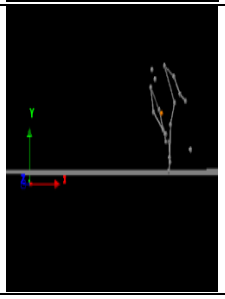
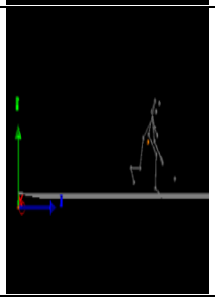
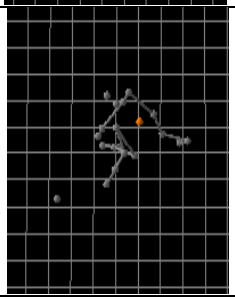
تم إجراء التحليل الحركى ثلاثى الأبعاد بإستخدام برنامج SKillSpector 3Danalysis، مع تحديد لحظات كسر الإتصال الهامة فى المهارة لإستخراج المتغيرات البيوميكانيكة قيد الدراسة والشكل التالى يوضح صور للحظات التحليل البيوميكانيكى ثلاثى الأبعاد.

- ولتحقيق أهداف البحث فقد أمكن للباحثة استخراج ١٧٠ متغير ميكانيكى لكل من :
- لحظة بداية الارتكاز بالرجل الأمامية .
- ولحظة تحقيق الارتكاز الكامل .
- ولحظة الضرب (التلامس مع المضرب) .
- ولحظة بدء التحول بعد الضرب (المتابعة) .

لعدد ٣ محاولات لكل لاعب وبالتالى يكون اجمالى عدد المتغيرات الناتجة من التحليل ٢٠٤٠ متغير لكل لاعب باجمالى ٤٠٨٠ متغير ميكانيكى ، جدول (٣) يوضح لحظات التحليل البيوميكانيكى ثلاثى الأبعاد (مستخرج من تحليل المهارة الفعلية).

جدول (٣)

عرض لحظات التحليل البيوميكانيكى ثلاثى الأبعاد (مستخرج من تحليل المهارة الفعلية)

المنظر ثلاثى الأبعاد / اللحظات	أمامى	جانبى	خلفى	من أعلى
لحظة بداية الإرتكاز للرجل الأمامية				
لحظة تحقيق الإرتكاز الكامل للقدم				
لحظة الضرب (التلامس مع الكرة)				
لحظة بدء التحول بعد الضرب (المتابعة)				

يوضح جدول (٣) لحظات التحليل البيوميكانيكى ثلاثى الأبعاد المستخرجه من تحليل المهارة الفعلية لحظة بداية الارتكاز بالرجل الأمامية ولحظة تحقيق الارتكاز الكامل ولحظة الضرب (التلامس مع المضرب) ولحظة بدء التحول بعد الضرب (المتابعة)، وفيما يلى عرض للوضع النهائى لمتغيرات البيوميكانيكية للتحليل الحركى لمهارة الضربة الامامية فى الاسكواش.

جدول (٤)

الوضع النهائى للتحليل

	المتغيرات	العوامل المقبولة	ملاحظات
محصلة الازاحات	١٨	٣	
محصلة السرعة	١٨	٣	
مجصلة العجلات	١٨	٥	
محصلة التغير الزاوى للمفاصل	١٢	٣	
محصلة السرعة الزاوية	١٢	٤	
محصلة العجلة الزاوية	١٢	٥	
محصلة كمية الحركة	١٥	٢	**حذف عامل تشبع علية متغيرين فقط احدهما عامل عام تشبع علية جميع المتغيرات ماعدا الساعد الايسر**
محصلة القوة المبذولة	١٥	٣	
الطاقة	٢	٢	
المجموع	١٢٢		

يتضح من جدول (٤) أنة تم قبول جميع متغير ميكانيكى فيما عدا عامل تشبع علية متغيرين فقط احدهما عامل عام تشبع علية جميع المتغيرات ماعدا الساعد الايسر تم خذفه.

وفى ضوء هذا الكم الهائل ولتحقيق أهداف البحث قامت الباحثة بالاجراءات التالية :

١- الاقتصار فى نواتج التحليل على المحصلات وليس المركبات الافقية او الرأسية او العرضية وبذلك اصبح عدد المتغيرات التى سوف تستخدمها الباحثة فى التحليل ١٢٢ متغير فى ٤ لحظات فى ٣ محاولات للاعبين باجمالى ٢٩٢٨ متغير.

٢- قامت الباحث بدراسة امكانية تقليل عدد المتغيرات باسلوب يضمن اهميتها باستخدام التحليل العاملى باستخدام طريقة المكونات الاساسية والتدوير المتعامد وفق محك كايز وفى ضوء الجذر الكامن امكن استخلاص ٢٧ عامل وهو عدد كبير لتفسيرة او استخدامه فى تحليل النتائج.

٣- اعتمدت الباحثة على فكرة النوعية الطائفية للعوامل حيث تم تصنيف المتغيرات الى انواع متجانسة كما يلى:

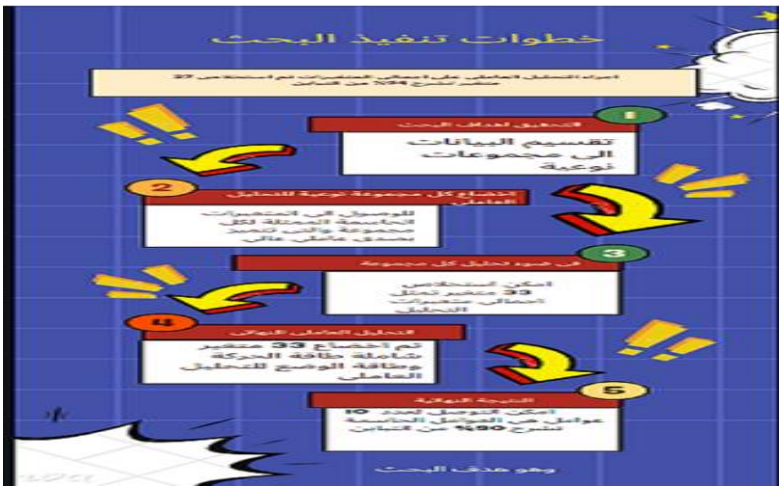
- محصلات الازاحة وعددها ١٨ متغير لكلا الطرفين الايمن والايسر لنقط (رسغ القدم – الكاحل – الركبة – الفخذ – الكتف – المرفق – رسغ اليد – اصبع اليد)، بما فيها ازاحة المضرب ومركز الثقل بالمتر.

- محصلات السرعات وعددها ١٨ متغير لكلا الطرفين الايمن والايسر لنقط (رسغ القدم – الكاحل – الركبة – الفخذ – الكتف – المرفق – رسغ اليد – اصبع اليد)، بما فيها سرعة المضرب ومركز الثقل (متر/ث).
- محصلة العجلات وعددها ١٨ متغير لكلا الطرفين الايمن والايسر لنقط (رسغ القدم – الكاحل – الركبة – الفخذ – الكتف – المرفق – رسغ اليد – اصبع اليد)، بما فيها عجلة المضرب ومركز الثقل (متر/ثانية)^{2} .
- محصلة زوايا الحركة للمفاصل وعددها ١٢ متغير لكلا الطرفين الايمن والايسر لنقط (الكاحل – الركبة – الفخذ – الكتف – المرفق – رسغ اليد)، (درجة/ثانية).
- محصلة السرعات الزويا للمفاص وعددها ١٢ متغير لكلا الطرفين الايمن والايسر لنقط (الكاحل – الركبة – الفخذ – الكتف – المرفق – رسغ اليد)، (درجة/ثانية).
- محصلة العجلات الزاويا للمفاصل وعددها ١٢ متغير لكلا الطرفين الايمن والايسر لنقط (الكاحل – الركبة – الفخذ – الكتف – المرفق – رسغ اليد)، (درجة/ثانية)^{2}.
- كمية الحركة لوصلات الاطراف وعددها ١٥ متغير لكلا الطرفين الايمن والايسر لنقط (القدم – الساق – الفخذ – الجذع – العضد – الساعد – كف اليد)، بما فيها كمية حركة مركز الثقل، (كجم.متر/ثانية).
- القوة المبذولة على وصلات الاطراف وعددها ١٥ متغير لكلا الطرفين الايمن والايسر لنقط (القدم – الساق – الفخذ – الجذع – العضد – الساعد – كف اليد)، بما فيها القوة المبذولة لمركز الثقل ، (نيوتن).
- صاقة الوضع (جول).
- طاقة الحركة (جول).

وبذلك فان الاجمالى ١٢٢ متغير لعدد ٤ لحظات فى ٣ محاولات للاعبين باجمالى ٢٩٢٨ بيان رقمى.

وفى ضوء التقسيم السابق قامت الباحثة باجراء التحليل العاملى لكل مجموعة على حدة باستخدام نفس الاشتراطات السابقة والمحكات للتحليل العاملى بهدف تحقيق غرضين:

- الاول تحديد المتغيرات الكامن الممثلة لكل مجموعة من المجموعات السابقة
- الثانى اختصار Reducing المتغيرات والاقتصار على المتغيرات الاعلى تشبع لكل عامل فى كل مجموعة وهى الاكثر صدقا من خلال التشبعات لتمثيل المجموعة ككل وفقا لمفاهيم التحليل العاملى. وفيما يلى انفجراف يوضح ما سبق وما تم الوصول اليه.



شكل(١) خطوات تنفيذ البحث

- الدراسات الاستطلاعية :

١) الدراسة الاستطلاعية الاولى :

الهدف من هذه الدراسة:

المسح الشامل للدراسات والمراجع العربية والاجنبية وشبكة المعلومات الدولية (الانترنت) وذلك للوصول إلى تحديد دقيق عن أخر ما تم التوصل إلية فى نفس مجال الدراسة الحالية (البناء العاملى للمتغيرات البيوميكانيكية الحاسمة للاعبى الضربة الأمامية في رياضة الاسكواش)

أهم النتائج التى توصلت إليها الدراسة:

تم التأكد من عدم وجود دراسة مرجعية سابقة تتطابق أهدافها وإجراءات تنفيذها مع الدراسة الحالية ولكن كانت هناك دراسات مرتبطة فى بعض المتغيرات البيوميكانيكية الضربة الأمامية في رياضة الاسكواش قيد البحث .

٢) الدراسة الاستطلاعية الثانية :

وقد تمت هذة الدراسة يوم ٢٠٢٠/٩/٧م بمعمل كلية التربية الرياضية للبنين – جامعة الاسكندرية.

الهدف من هذه الدراسة:

- التعرف على المكان والوقت المناسب للتصوير.
- التأكد من إمكانية تنفيذ الجانب التكنولوجى وهو توافر أجهزة التحليل البيوميكانيكى وبرنامج التحليل البيوميكانيكي SKillSpector 3Danalysis ثلاثي الابعاد.
- الإعداد لاجراء التجربة وأخذ القياسات الانثروبومترية وإجراء التصوير.
- تجهيز إجراءات وصول عينة البحث (لاعبى المستوى العالى بالنادى الأهلى المصرى).

أهم النتائج التى توصلت إليها الدراسة:

تحديد مكان وميعاد التصوير وإجراء الإجراءات الادارية للموافقة على التصوير.

- التأكد من إمكانية تنفيذ الجانب التكنولوجى وتوافر أجهزة وبرنامج التحليل البيوميكانيكي.
- تحديد المسافة المناسبة للتصوير وارتفاع الكاميرا عن الارض وسرعة تردد الكاميرا.
- تنظيم أجراءات وصول عينة البحث (لاعبى المستوى العالى بالنادى الأهلى المصرى).
- أخذ القياسات الانثروبومترية لعينة البحث.

- الدراسة الأساسية:

تم إجراء التصوير يوم ٢٠٢٠/٩/٢٠ للموسم الرياضى ٢٠٢٠/٢٠٢١ فى معمل الميكانيكا الحيوية بكلية التربية الرياضية للبنين بأبو قير فى تمام الساعة ١١ صباحا بالمعمل .

عرض ومناقشة تساؤل البحث :

- والذى ينص على " ما البنية العاملية للمتغيرات البيوميكانيكية الحاسمة للضربة **الأمامية فى رياضة الإسكواش؟**

للإجابة على تساؤل البحث قامت الباحثة بالتحليل العاملى للمتغيرات البيوميكانيكية للحظات الأداء والتحليل العاملي لمجموعات المتغيرات الكينماتيكية (الإزاحة ، السرعات ، العجلات) ، والتحليل العاملي لمجموعات المتغيرات الكينماتيكية (الزوايا ، السرعة الزواية ، العجلة الزواية)، التحليل العاملي لمجموعات المتغيرات الكيناتيكية (كمية الحركة ، القوة) لكل مجموعة علي حدة.

أولاً: التحليل العاملي لمجموعات المتغيرات الكينماتيكية (الإزاحة ، السرعات ، العجلات)

جدول (٥)

التحليل العاملي لمجموعات المتغيرات الكينماتيكية (الإزاحة ، السرعات ، العجلات)

العوامل	الإزاحة	السرعات	العجلات

	قبل التدوير		بعد التدوير		قبل التدوير		بعد التدوير		قبل التدوير		بعد التدوير	
	المتغير	التشبع	المتغير	التشبع	المتغير	التشبع	المتغير	التشبع	المتغير	التشبع	المتغير	التشبع
العامل الأعلى	الإزاحات لمفاصل الطرف الأيسر (متر) الركبة	0.965	الإزاحات لمركز الثقل (متر)	0.998	السرعات لمركز ثقل الجسم (متر/ثانية)	0.975	السرعات لمركز ثقل الجسم (متر/ثانية)	0.986	العجلات لمفاصل الطرف الأيسر (متر/ثانية)² الكتف	0.879	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² الكاحل	0.931
العامل الثاني	الإزاحات لمفاصل الطرف الأيسر المرفق (متر)	0.922	الإزاحات لمفاصل الطرف الأيمن (متر) رسغ اليد	0.962	السرعات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية) المرفق	0.776	السرعات لمفاصل الطرف الأيسر (متر/ثانية) رسغ اليد	0.918	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² اصبع اليد	0.925	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² رسغ اليد	0.905
العامل الثالث	الإزاحات لمفاصل الطرف الأيمن (متر) رسغ اليد	0.481	الإزاحات لمفاصل الطرف الأيسر (متر) رسغ اليد	0.890	السرعات لمفاصل الطرف الأيمن (متر /ثانية) الكاحل	0.599	السرعات لمفاصل الطرف الأيمن (متر /ثانية) الكاحل	0.920	العجلات لمفاصل الطرف الأيسر (متر/ثانية)² المرفق	0.699	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² الفخذ	0.908
العامل الرابع	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² المرفق	0.776	العجلات لمفاصل الطرف الأيسر (متر/ثانية)² المرفق	0.819
العامل الخامس	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² الفخذ	0.444	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² المرفق	0.789
نسبة التباين التجميعي	33.10		31.06		46.19		42.11		56.36		50.80	

يتضح من جدول (٥) والخاص بالتحليل العاملي قبل وبعد التدوير لمجموعات الحركة الكينماتيكية (الإزاحة، السرعات، العجلات) أنه قد أمكن إستخلاص (٣) عوامل تمثل عامل الإزاحة وتعبر عنه من أصل عدد متغيرات الإزاحة (١٨) متغير ، تم قبول (٣) عوامل منهم حيث يمثل العامل الأول (إزاحة مركز الثقل بتشبع قدرة (٠.٩٩٨) وهو يمثل صدق هذا المتغير في قياس عامل الإزاحة، أما العامل الثاني فيخص إزاحة رسغ اليد اليمني (٠.٩٦٢)، والعامل الثالث (إزاحة رسغ اليد اليسري) بتشبع (٠.٨٩٠)، أما مجموعة السرعة فقد كان العامل الأول يمثل سرعة مركز الثقل وتشبعه (٠.٩٨٦)، والعامل الثاني سرعة رسغ اليد اليسري وتشبعه (٠.٩١٨)، أما العامل الثالث سرعة الكاحل بتشبع (٠.٩٢٠)، أما مجموعة العجلة فقد كان العامل الأول يمثل العجلة للكاحل الأيمن بتشبع قدره (٠.٩٣١)، والعامل الثاني يمثل العجلة لرسغ اليد اليمني بتشبع قدره (٠.٩٠٥).

ثانياً: التحليل العاملي لمجموعات المتغيرات الكينماتيكية (الزوايا ، السرعة الزواية ، العجلة الزواية)

جدول (٦)

التحليل العاملي لمجموعات المتغيرات الكينماتيكية (الزوايا،السرعة الزواية،العجلة الزواية)

العوامل	الزوايا				السرعة الزاوية				العجلة الزاوية			
	قبل التدوير		بعد التدوير		قبل التدوير		بعد التدوير		قبل التدوير		بعد التدوير	
	المتغير	التشبع	المتغير	التشبع	المتغير	التشبع	المتغير	التشبع	المتغير	التشبع	المتغير	التشبع
العامل الأعلى	زوايا مفاصل الطرف الأيمن (درجة) سفلى ركبة	0.960	زوايا مفاصل الطرف الأيمن (درجة) علوى كتف	0.984	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية) سفلى فخذ	0.820	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية) علوى كتف	0.852	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية)²علوى مرفق	0.714	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية) علوي كتف	٠.٨٢٣
العامل الثاني	زوايا مفاصل الطرف الأيسر (درجة) علوى رسغ يد	0.830	زوايا مفاصل الطرف الأيمن (درجة) سفلى كاحل	0.924	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية) علوى كتف	0.786	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية) علوى كتف	0.841	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية)²علوى رسغ يد	0.764	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية)²فخذ ايمن	٠.٩٢٩
العامل الثالث	زوايا مفاصل الطرف الأيمن (درجة) علوى مرفق	0.690	زوايا مفاصل الطرف الأيمن (درجة) سفلى فخذ	0.795	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية) علوى رسغ يد	0.800	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية) سفلى كاحل	0.913	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية)²سفلى ركبة	0.758	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية) رسغ اليد	٠.٧٨١
العامل الرابع	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية) سفلى كاحل	0.761	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية) علوى رسغ يد	0.836	العجلات الزاويه لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية)²سفلى ركبة	0.702	العجلات الزاويه لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية)²سفلى كاحل	0.930
العامل الخامس	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	العجلات الزاويه لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية)²سفلى فخذ	0.508	العجلات الزاويه لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية)²سفلى فخذ	0.730
نسبة التباين التجميعي	63.95		57.65		70.46		64.37		74.34		68.69	

يتضح من جدول (٦) والخاص لمجموعات المتغيرات الكينماتيكية (الزوايا، السرعة الزواية، العجلة الزواية) أنه قد أمكن إستخلاص (٣) عوامل تمثل عامل الزوايا وتعبر عنه من أصل عدد متغيرات الزوايا (١٢) متغير، تم قبول (٣) عوامل منهم حيث يمثل العامل الأول (زوايا مفاصل الطرف الأيمن (درجة) علوى كتف بتشبع قدرة (٠.٩٨٤) وهو يمثل صدق هذا المتغير في قياس عامل الزوايا، أما العامل الثاني فيخص زوايا مفاصل الطرف الأيمن (درجة) سفلى كاحل (٠.٩٢٤)، والعامل الثالث (زوايا مفاصل الطرف الأيمن (درجة) سفلى فخذ) بتشبع (٠.٧٩٥)، أما مجموعة السرعةالزاويه فقد كان العامل الأول يمثل السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية) علوى كتف وتشبعه (٠.٨٥٢)،

والعامل الثاني السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية) علوى كتف وتشبعه (٠.٨٤١)، أما العامل الثالث السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية) سفلى كاحل بتشبع (٠.٩١٣) .

ثالثاً: التحليل العاملي لمجموعات المتغيرات الكيناتيكية (كمية الحركة ، القوة)

جدول (٧)

التحليل العاملي لمجموعات المتغيرات الكيناتيكية (كمية الحركة ، القوة)

العوامل	كمية الحركة				القوة			
	قبل التدوير		بعد التدوير		قبل التدوير		بعد التدوير	
	المتغير	التشبع	المتغير	التشبع	المتغير	التشبع	المتغير	التشبع
العامل الأعلى	كمية الحركة لوصلات الطرف الايسر (كجم.متر/ثانية) للفخذ	0.984	كمية الحركة لوصلات الطرف الايسر (كجم.متر/ثانية) للفخذ	0.986	القوة المبذولة على مركز ثقل الجسم (نيوتن)	0.951	القوة المبذولة على وصلات الطرف الأيمن (نيوتن) للجذع	0.891
العامل الثاني	كمية الحركة لوصلات الطرف الايسر (كجم.متر/ثانية) للساعد	0.900	كمية الحركة لوصلات الطرف الايسر (كجم.متر/ثانية) للساعد	0.927	القوة المبذولة على وصلات الطرف الأيمن (نيوتن) لكف اليد	0.895	القوة المبذولة على وصلات الطرف الايسر (نيوتن) للساعد	0.939
العامل الثالث	كمية الحركة لوصلات الطرف الأيمن (كجم.متر/ثانية) للقدم	0.609	ـــــ	ـــــ	القوة المبذولة على وصلات الطرف الأيمن (نيوتن) للعضد	0.635	القوة المبذولة على وصلات الطرف الأيمن (نيوتن) للساق	0.812
العامل الرابع	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ
العامل الخامس	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ

يتضح من جدول (٧) والخاص ب التحليل العاملي لمجموعات المتغيرات الكيناتيكية (كمية الحركة، القوة) أن العوامل التي أمكن إستخلاصها بعد التدوير في مجموعة المتغيرات الكيناتيكية والبالغ عددها (١٥) ، أنه أمكن إستخلاص (٣) عوامل ، تم حذف عامل منها لتشبعه علي متغيرين فقط وبذلك أصبح العوامل التي تمثل كمية الحركة عددها (٢) وبدراسة العامل الأول إتضح تشبع جميع محصلات كمية الحركة لأجزاء الجسم علي هذا العامل فيما عدا عامل (متغير كمية الحركة للساعد الأيسر) ، والذي قد يشير إلي أن هذا العامل (عامل عام) ويعبر عنه كمية حركة الفخذ الأيسر بتشبع قدرة (٠.٩٨٦) ، أما العامل الثاني فكان للساعد الأيسر بتشبع (٠.٩٢٧) .

جدول (٨)

التحليل العاملي النهائي بعد التدوير(الترتيب التنازلي للعوامل بعد التدوير) للمتغيرات البيوميكانيكية

م	العامل الأول		العامل الثاني		العامل الثالث		العامل الرابع		العامل الخامس		العامل السادس		العامل السابع		العامل الثامن		العامل التاسع		العامل العاشر	
	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع
١	كمية الحركة لوصلات الطرف الايسر (كجم.متر/ثانية) للفخذ	0.980	كمية الحركة لوصلات الطرف الايسر (كجم.متر/ثانية) للساعد	0.953	السرعات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية) الكاحل	0.881	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² الكاحل	0.884	القوة المبذولة على وصلات الطرف الايسر (نيوتن) لكف اليد	0.867	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² المرفق	0.921	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² الفخذ	0.780	الإزاحات لمفاصل الطرف الأيسر (متر) رسغ اليد	0.786	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية) سفلى كاحل	-0.774	العجلات لمفاصل الطرف الأيسر (متر/ثانية)² المرفق	0.870
٢	السرعات لمركز ثقل الجسم (متر/ثانية)	0.968	السرعات لمفاصل الطرف الأيسر (متر/ثانية) رسغ اليد	0.920	زوايا مفاصل الطرف الأيمن (درجة) سفلى كاحل	0.753	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² اصبع القدم	0.867	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية)² سفلى كاحل	0.795	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² الكتف	0.424	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية)² سفلى فخذ	-0.684	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² الكتف	0.524	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية)² علوى كتف	0.649	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² الركبة	0.500
٣	السرعات لمفاصل الطرف الأيسر (متر/ثانية) الكتف	0.961	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية) علوى كتف	-0.855	الإزاحات لمفاصل الطرف الأيمن (متر) رسغ اليد	-0.698	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² الركبة	0.586	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية)² علوى رسغ يد	0.626	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية) علوى رسغ يد	-0.401	القوة المبذولة على وصلات الطرف الأيمن (نيوتن) للجذع	0.471	السرعات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية) المرفق	0.497	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية)² سفلى فخذ	0.619	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية) علوى رسغ يد	0.428

جدول (٨)

التحليل العاملي النهائي بعد التدوير(الترتيب التنازلي للعوامل بعد التدوير) للمتغيرات البيوميكانيكية

م	العامل الأول		العامل الثاني		العامل الثالث		العامل الرابع		العامل الخامس		العامل السادس		العامل السابع		العامل الثامن		العامل التاسع		العامل العاشر	
	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع	اسم المتغير	التشبع
٤	السرعات لمفاصل الطرف الأيسر (متر/ثانية) الفخذ	0.954	زوايا مفاصل الطرف الأيمن (درجة) سفلى فخذ	-0.668	طاقة الوضع (جول)	0.602	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية) علوى رسغ يد	-0.499	طاقة الوضع (جول)	0.513	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية)² علوى رسغ يد	-0.314	السرعات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية) المرفق	-0.311	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية)² علوى رسغ يد	0.495	—	—	—	—
٥	السرعات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية) اصبع اليد	-0.952	السرعات لمفاصل الطرف الأيسر (متر/ثانية) اصبع اليد	0.627	العجلات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية)² سفلى فخذ	-0.524	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² رسغ اليد	0.339	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² اصبع القدم	-0.400		0.302		—	الإزاحات لمركز الثقل (متر)	0.442	—	—	—	—
ملحوظه	ونظراً لتشبع هذا العامل على متغيرات متعددة (٢٧) متغيرا وبالتالي يعتبر هذا العامل (عامل عام)																			
اسم العالمل	كمية الحركة العامة		كمية الحركة السريعة		سرعة حركة المفاصل		القدرة على تسارع الحركة (العجلة)		انتاج القوة		القدرة على تسارع الحركة الزاوية		القوة المحركة		الحركة العامة		الحركة الزاوية للطرف السفلى		الحركة الزاوية للطرف العلوى	

يوضح جدول (٨) التحليل العاملي النهائي بعد التدوير(الترتيب التنازلي للعوامل بعد التدوير) للمتغيرات البيوميكانيكية أنه تم التحقق من تشبع العامل الاول علي متغيرات متعددة (٢٧) متغيرا وبالتالي يعتبر هذا العامل (عامل عام) حيث بلغ مقدار التشبع لمتغير كمية الحركة لوصلات الطرف الايسر (كجم.متر/ثانية) للفخذ "0.980"وبلغ مقدار التشبع لمتغير السرعات لمركز ثقل الجسم (متر/ثانية)" 0.968"وبلغ مقدار التشبع لمتغير السرعات لمفاصل الطرف الأيسر (متر/ثانية) الكتف"0.961"وبلغ مقدار التشبع لمتغير السرعات لمفاصل الطرف الأيسر (متر/ثانية) الفخذ "0.954" وبلغ مقدار التشبع لمتغيرالسرعات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية) اصبع اليد"0.952-"

جدول (٩)

العوامل المستخلصة للمتغيرات البيوميكانية الحاسمة للاعبى الضربة الأمامية في الاسكواش وتشبعات تلك المتغيرات علي كل عامل

العامل	الاسم	اسم المتغير	معامل الصدق
الاول	كمية الحركة العامة	كمية الحركة لوصلات الطرف الايسر (كجم.متر/ثانية) للفخذ	0.980
الثاني	كمية الحركة السريعة	كمية الحركة لوصلات الطرف الايسر (كجم.متر/ثانية) للساعد	0.953
الثالث	سرعة حركة المفاصل	السرعات لمفاصل الطرف الأيمن (متر /ثانية) الكاحل	0.881
الرابع	القدرة على تسارع الحركة (العجلة)	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)^2 الكاحل	0.884
الخامس	انتاج القوة	القوة المبذولة على وصلات الطرف الايسر (نيوتن) لكف اليد	0.867
السادس	القدرة على تسارع الحركة الزاوية	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)^2 المرفق	0.921
السابع	القوة المحركة	العجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)^2 الفخذ	0.780
الثامن	الحركة العامة	الإزاحات لمفاصل الطرف الأيسر (متر) رسغ اليد	0.786
التاسع	الحركة الزاوية للطرف السفلى	السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية) سفلى كاحل	-0.774
العاشر	الحركة الزاوية للطرف العلوى	العجلات لمفاصل الطرف الأيسر (متر/ثانية)^2 المرفق	0.870

يوضح جدول (٩) العوامل المستخلصة للمتغيرات البيوميكانية الحاسمة للاعبى الاسكواش والتي تتمثل في (كمية الحركة العامة، كمية الحركة السريعة، سرعة حركة المفاصل، القدرة على تسارع الحركة (العجلة)، انتاج القوة، القدرة على تسارع الحركة الزاوية، القوة المحركة، الحركة العامة، الحركة الزاوية للطرف السفلى، الحركة الزاوية للطرف العلوى) .

كما تضح من الجدول أن معامل ارتباط العوامل المستخلصة للمتغيرات البيوميكانية الحاسمة للاعبى الاسكواش تتراوح بين (٠.٧٧٤ : ٠.٩٨٠) ، وكانت معاملات إرتباط المتغيرات البيوميكانيكية

للحظات الأداء مع مستوى الأداء المهارى للمهارة وجود علاقة إرتباط معنوية عكسية بين متغير السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية) سفلى كاحل ومستوى الأداء المهارى حيث مثلت قيم " ر" – ٠.٧٧٤ وجود علاقة إرتباط معنوية طردية بين المتغيرات البيوميكانيكية حيث بلغت قيم "ر" لمتغيركمية الحركة لوصلات الطرف الايسر (كجم.متر/ثانية) للفخذ"0.980"،وبلغت قيم "ر" لمتغيركمية الحركة لوصلات الطرف الايسر (كجم.متر/ثانية) للساعد"0.953"، وبلغت قيم "ر" لمتغيرالسرعات لمفاصل الطرف الأيمن (متر /ثانية) الكاحل"0.881"، وبلغت قيم "ر" لمتغيرالعجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² الكاحل"0.884"، وبلغت قيم "ر" لمتغيرالقوة المبذولة على وصلات الطرف الايسر (نيوتن) لكف اليد "0.867"، وبلغت قيم "ر" لمتغيرالعجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² المرفق "0.921"، وبلغت قيم "ر" لمتغيرالعجلات لمفاصل الطرف الأيمن (متر/ثانية)² الفخذ "0.780"، وبلغت قيم "ر" لمتغيرالإزاحات لمفاصل الطرف الأيسر (متر) رسغ اليد "0.786"، وبلغت قيم "ر" لمتغيرالعجلات لمفاصل الطرف الأيسر (متر/ثانية)² المرفق "0.870"

تعزو الباحثة نتائج الأداء الفنى للضربة الأمامية فى الاسكواش فى للحظات الأداء الفنى إلى أنه يتفق مع التحليل الحركى لمراحل أداء المهارة.

ويتفق كل من **يدون Yeadon (1990)**، **وجيرد هومخوث (١٩٩٩)** أن أبحاث الميكانيكا الحيوية عند استخدامها فى تحليل الحركات الرياضية تتطلب توفر معلومات خاصة عن الجهاز الحركي للإنسان، وخاصة المتعلقة بعلم التشريح الوظيفي وعلم فسيولوجيا العضلات فيما يختص بتكوين وقدرة الجهاز الحركي على أداء الحركة، فيما يتعلق بالدفع والتوجيه والقواعد الميكانيكية، وذلك بالاضافة إلى ما هناك من الاسس البيولوجية التى تعتمد عليها الحركة أساساً بالاضافة إلى التأثير على مسارها علاوة على أن ابحاث الميكانيكا الحيوية قد أهتمت بتقديم نماذج لحلول مثالية لمشاكل الاداء الحركى والمهارى بهدف بحث الحلول الممكننة لمشاكل الاداء الفنى والارتقاء بها للوصول إلى أعلى المستويات الرياضية . (١٧: ٦٧) (٤: ١١٥)

يشير محمد يوسف الشيخ (١٩٨٩) أن علمية التحليل الحركي للخصائص البيوميكانيكية يعد أحد الأمور الهامة فى فهم كيفية أداء المهارات الرياضية والتعرف على طبيعة عمل أجزاء ومفاصل الجسم وكذلك المتغَيرات الخاصة بمركز ثقل الجسم من أزمنة وازاحات وسرعات، وكذلك بوصف المهارة ووضع الحلول المناسبة لعالج أخطاء الأداء والوصول لأفضل النتائج. (٩ : ١٥٧)

وتؤكد " **آمال جابر متولى (٢٠٠٨)** على ان التحليل الحركي يعتبر وسيله هامه ليس فقط لفهم وادراك الحركه الرياضيه ولكن ايضا لدراسه هذه الحركه كوحده متكامله، وهذا ما يعكس احتياج المدربين الي تحليل علمي للحركات والمهارات والوصول الي تفاصيل الاداء ويستخدم التحليل في المجال الرياضي بهدف التعرف علي الخصائص التكنيكيه للمهاره، والكشف عن عيوب الاداء ومقارنه الاداء بالمنحنيات النظريه وايضا الدراسه النظريه لحركه النماذج واحتمالاتها الحركيه. **(٢: ٦٦)**

وفي ضوء ما أسفرت عنه عرض ومناقشة النتائج السابقة فقد توصلت الباحثة إلى أهم المتغيرات البيوميكانيكية الحاسمة للضربة الأمامية في رياضة الاسكواش وبذلك يكون قد تم الإجابة على تساؤل البحث الذى ينص على" ما البنية العاملية للمتغيرات البيوميكانيكية الحاسمة للضربة الأمامية فى رياضة الإسكواش؟ ".

- **الاستنتاجات والتوصيات :**

أولا : الاستنتاجات:

فى ضوء ما توصلت إليه الباحثة من نتائج ، يمكن استخلاص الاستنتاجات الآتية :

- إستخلاص (٣) عوامل تمثل عامل الإزاحة وتعبر عنه هم العامل الأول (إزاحة مركز الثقل بتشبع قدرة (٠.٩٩٨) ، والعامل الثاني فيخص إزاحة رسغ اليد اليمني، والعامل الثالث (إزاحة رسغ اليد اليسري)
- إستخلاص (٣) عوامل تمثل عامل السرعة هم: العامل الأول يمثل سرعة مركز الثقل ، والعامل الثاني سرعة رسغ اليد اليسري أما العامل الثالث سرعة
- إستخلاص (٢) عاملان تمثل عامل العجلة هم العامل الأول يمثل العجلة للكاحل الأيمن والعامل الثاني يمثل العجلة لرسغ اليد اليمني
- إستخلاص (٣) عوامل تمثل عامل الزوايا هم حيث يمثل العامل الأول (زوايا مفاصل الطرف الأيمن (درجة) علوى كتف، أما العامل الثاني فيخص زوايا مفاصل الطرف الأيمن (درجة) سفلى كاحل، والعامل الثالث (زوايا مفاصل الطرف الأيمن (درجة) سفلى فخذ)
- إستخلاص (٣) عوامل تمثل عامل سرعة الزاويه فقد كان العامل الأول يمثل السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الايسر (درجة/ثانية) علوى كتف والعامل الثاني السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية) علوى كتف، أما العامل الثالث السرعات الزاوية لمفاصل الطرف الأيمن (درجة/ثانية) سفلى كاحل

- العوامل التي أمكن إستخلاصها بعد التدوير في مجموعة المتغيرات الكيناتيكية والبالغ عددها (١٥)، أنه أمكن إستخلاص (٣) عوامل
- التحليل العاملي النهائي بعد التدوير (الترتيب التنازلي للعوامل بعد التدوير) للمتغيرات البيوميكانيكية أنه تم التحقق من تشبع العامل الاول وبالتالي يعتبر هذا العامل (عامل عام)
- معامل ارتباط العوامل المستخلصة للمتغيرات البيوميكانية الحاسمة للاعبى الاسكواش تتراوح بين (٠.٧٧٤ : ٠.٩٨٠)
- العوامل المستخلصة للمتغيرات البيوميكانيكية الحاسمة للضربة الأمامية فى رياضة الاسكواش والتي تتمثل في (كمية الحركة العامة، كمية الحركة السريعة، سرعة حركة المفاصل، القدرة على تسارع الحركة (العجلة)، انتاج القوة، القدرة على تسارع الحركة الزاوية، القوة المحركة، الحركة العامة، الحركة الزاوية للطرف السفلى، الحركة الزاوية للطرف العلوى) .

ثانياً : توصيات البحث :

فى ضوء النتائج التى تم التوصلت إليها الباحثة من خلال الدراسة توصى الباحثة بالآتى :-

- الإهتمام بالتحليل الحركي وكذلك التحليل التشريحي جميع مهارات الاسكواش .
- توفير الأجهزة والأدوات المساعدة للتحليل الحركي بكلية التربية الرياضية بنات.
- بأعداد برامج تدريبية باستخدام تمرينات تساعد في الارتقاء بالمستوى الفنى لمهارات الاسكواش.
- الاهتمام كليات التربية الرياضية بالتحليل الحركي بأدخال الاسكواش كمقرر أساسى من ضمن ألعاب المضرب .

قائمة المراجع

أولا : المراجع العربية:

١. **احمد عبد المنعم السيوفي (٢٠١٢)** : علوم الحركة الرياضية التقليدية والمعاصرة ، ط١، دار فكرة للنشرة ، القاهرة.

٢. **امال جابر متولى(٢٠٠٨)**: مبادئ الميكانيكا الحيويه وتطبيقاتها في المجال الرياضي، دار الوفاء لدنيا الطباعه والنشر، الاسكندارية.

٣. **جمال علاء الدين (١٩٩٠)**: دراسات معملية فى بيوميكانيكا الحركات الرياضية، دار المعارف، الإسكندرية.

٤. **جيرد هوخموت (١٩٩٩)** : الميكانيكا الحيوية وطرق البحث العلمى للحركات الرياضية ، ترجمة كمال عبد الحميد ، سليمان على حسن، مركز الكتاب للنشر ، القاهرة.

٥. **خالد نعيم على (٢٠٠٠)** : دراسة تحليلية لبعض المتغيرات البدنية والمهارية والخططية المرتبطة بنتائج المباريات للاعبى الاسكواش ، رساة ماجستير ، كلية التربية الرياضية بنين ، جامعة حلوان.

٦. **طلحة حسام الدين (١٩٩٣)** :الأسس الحركية والوظيفية للتدريب الرياضي، دار الفكر العربى، القاهرة.

٧. **عادل عبد البصير(١٩٩٨)** : الميكانيكا الحيويه والتكامل بين النظريه والتطبيق في المجال الرياضي ، مركز الكتاب والنشر القاهره.

٨. **محمد ابراهيم شحاته (٢٠٠٦م)** : التطبيقات الميدانية للتحليل الحركي في الجمباز، المكتبة المصرية، الاسكندرية .

٩. **محمد يوسف الشيخ (١٩٨٩)** : الميكانيكا الحيوية وتطبيقاتها ، الطبعة الاولى ، دار المعارف ، القاهرة.

١٠. **وديع محمد المرسى (٢٠١٧)** : التحليل الحركى تكنولوجيا وفنيا ، المكتبة الرياضية الشاملة، القاهرة.

ثانيا : المراجع الأجنبية:

11.**Bartlett، Roger،(2007**): Introduction to Sports Biomechanics .2nd edition ، Routledge،p133.

12.**David pearson (2001):** squash skills of the game the crowood press، itd London.

13.**Hasan، Uday CH.(2010):** Statistical and Practical Significance of Articles at Sports Biomechanics Conferences in Ann Appl Sport Sci 9(3): e947، 2021.p2.

14.Knudson، Duane (2017): Confidence Crisis of Results in Biomechanics Research، published by Taylor & Francis in Sports Biomechanics 16، 425-433 on September 5، 2017pp2،11،12.

15.**Mullineaux،David R.(2008):** RESEARCH METHODS: SAMPLE SIZE AND VARIABILITY EFFECTS ON STATISTICAL POWER (Edited by Carl J. Payton and Roger M. Bartlett)، BIOMECHANICAL EVALUATION OF MOVEMENT IN SPORT AND EXERCISE، Routledge،2008. P159.

16.Squash BC(2012): A complete guide to the sport of squash in British Columbia، Canada.

17.Yeadon،m.،r، (1990): The simulation of acrial movement –ll. A mathematical inertia model of the human body.j.biomechanics، vol.23.no.I.

ثالثا : مراجع الشبكة الدولية للمعلومات:

18.https://2u.pw/cwSixo

19.https://staffsites.sohag-univ.edu.eg/stuff/posts/show/8862

20.https://www.mdrscenter.com/kb/