تصميم مجسمات بيوميكانيكية ثلاثية الأبعاد لمهارة الركلة الخلفية الدائرية (موم دوليو تشاجي) كأساس لوضع التدريبات النوعية للاعبات الكروجى برياضة التايكوندو

د. أحمد طلحه حسام الدين

د. إيمان رشاد خليل

الملخص

تعتبر مهارة الركلة الخلفية الدائرية (موم دوليو تشاجي) من المهارات الهجومية الفعالة والهامة والهامة للاعبي التايكوندو وتتميز بانها مهارة مركبه ولها دور كبير في تحقيق الفوز في المنافسات حيث حيث يحرز بها اللاعب ٥ نقاط عند تنفيذها بشكل ناجح، وحيث لا يوجد عدد كافي من المرجعيات العلمية الموثقة علي حد علم الباحثان تتناول مراحل ومواصفات الأداء الفني للمهارة قيد البحث ويقتصر ويقتصر الأمر علي عدد من الاجتهادات الشخصية للمدربين والذى دعي الباحثان الى دراسة الخصائص الخصائص البيوميكانيكية للأداء النموذجي لعينة البحث بهدف تصميم دليل للمدرب واللاعب باستخدام تقنية المجسمات البيوميكانيكية ثلاثية الأبعاد يوضح الأداء المهاري الصحيح وتسلسل مراحل ومواصفات ومواصفات الأداء الفني، ووضع عدد من التدريبات النوعية باستخدام نفس التقنية لتكون مرجعيه رقميه لمساعدة كل من اللاعبين والمدربين في الوصول الى الأداء المهاري الأمثل.

استخدم الباحثان المنهج الوصفي عن طريق التحليل الحركي ثلاثي الأبعاد باستخدام حزمة من برمجيات التحليل الحركي وتصميم المجسمات وكانت أهم نتائج الدراسة تحديد الخصائص البيوميكانيكية للأداء المهاري قيد البحث (مراحل الأداء الفني والتقسيم الزمني لكل مرحلة، المسار الهندسي لمركز ثقل الجسم ووصلاته، منحنيات الإزاحة والسرعة لأجزاء الجسم ومركز الثقل، الزوايا المطلقة لوصلات الجسم)، تصميم مجسم ديناميكي للأداء المهاري وفق المتغيرات البيوميكانيكية من (٢٨٨) اطار يوضح الأداء المهاري الصحيح وتدرج مراحل ومواصفات الأداء الفني، وتصميم ثلاثة تدريبات نوعية تتماثل مع المسار الحركي لأجزاء الجسم أو بعضها باستخدام تقنيه المجسمات البيوميكانيكية ثلاثية الأبعاد.

ولقد أوصي الباحثان باستخدام المجسمات والتدريبات النوعية المصممة في التعليم والتدريب على إتقان المهارة قيد البحث، وإمكانية استخدامها مع مختلف المهارات الرياضية حيث تعتبر المجسمات ثلاثية الأبعاد تقنية تعليمية وتدريبية متطورة يتأسس تصميمها على المعلومات البيوميكانيكية التي يتيحها التحليل الحيوي الميكانيكي ويمكن عرضها بسرعات مختلفة ومنظور كروي وتجمع الصورة والحركة وما يرافقها من مؤثرات متعددة، تقدم الثراء المعرفي والتصور البصري بشكل فعال ومتسلسل وغني بالمعلومات وتسهم في تنمية بعض القدرات العقلية الضرورية لإتقان الأداء المهاري.

المقدمة ومشكلة البحث:

يسود العالم ثورة هائلة في مجالات البحث العلمي خاصة في مجال التكنولوجيا الرياضية حيث تقوم الدول بتطويع وتسخير إمكاناتها المادية والبشرية لخدمة هذا المجال الحيوي حتى تتمكن من مسايرة التطور العلمي في مجال التدريب الرياضي الذي تطرق إلى جوانب مختلفة لإعداد اللاعب ووصوله إلى أعلى المستويات.

ولمواكبة الاتجاهات العالمية في استخدام وتطوير تكنولوجيا التعليم والتدريب، اتخذت القيادة السياسية للدولة المصرية عدد من الإجراءات نحو التحول الرقمي في مجال التعليم والتدريب الرياضي بهدف أن تكون الدولة المصرية في طليعة الدول التي تستخدم التكنولوجيا المتطورة في مجالات الرياضة المختلفة التي تتضمن التدريب، والعلوم الرياضية، والطب والتأهيل الرياضي، فضلاً عن أقامه وإدارة الفعاليات الرياضية وطرق إدارة الملاعب.

تنبع أهمية التحول الرقمي في المجال الرياضي من نتائج استخدام التقنيات التكنولوجية الناشئة وما توفره من إمكانات وقدرات متعددة لم تكن متاحة مسبقا، فكما يشير كلا من عصام الدين متولى وأخرون (٢٠٢٠) أن أحد أوجه الاستفادة من التقنيات الحديثة في مجال التدريب الرياضي هو المساعدة علي فهم وتصور الأداءات الحركية المعقدة والصعبة. (١٢)

فإلي جانب ما أشار إلية أمين الخولي وضياء العزب (٢٠٠٩) أن مصاحبة الوسائط المتعددة للإرشادات اللفظية والمقروءة يضاعف قدرة المتلقيين على اكتساب المعارف والخبرات الضرورية للأداء المهاري (٣)، يؤكد بوجول وأخرون (Pujol et al., 2019) علي دور المجسمات ثلاثية الأبعاد في تحفيز نشاط المخ الي جانب أنها تساهم في تنمية مهارات التفكير العليا. (٢٠)

ولفهم أكثر عمقا وتفصيلا لطبيعة الحركة الرياضية يؤكد "جارى كامين Gary Kamen "وآخرون "وآخرون (٢٠٠٤م) وأمال جابر (٢٠٠٨) أن الميكانيكا الحيوية تسهم في تطوير وتحسين الحركة الرياضية والوصول بالأداء المهارى والحركي الى الأداء الأقرب الى المثالية (Optimum Performance) وهو هدف يسعى له كل مدرب، وان من واجبات العلوم المرتبطة بالرياضة التوصل الى أحدث الطرق التي يمكن استخدامها لتحليل الحركة الرياضية ودراستها، وذلك بغرض الوقوف على على أفضل شكل للأداء المهاري. (١٦)، (٢)

كما يشير ستيفان اوينز Styfan Oyns (٢٠٠٣) الى أن استخدام تصوير وتحليل الأداء الرياضي يساعد على إيجاد تفسيرات تستخدم كمرشد للمعلمين و المدربين في إعداد البرامج التدريبية (٢٣).

ومن العوامل التي تضمن نجاح عملية الأعداد المستمر هو الوقوف على نواحي الضعف والقوة للأدا ء المهاري بإستخدام التحليل الحركي ومتابعه التعديل المستمر للأداء الفني للمهارة وفقا لتعديلات القانون الدولي لنوع النشاط الرياضي. (٥)، (٢١)

وفي هذا السياق يوضح مازن احمد مروه (٢٠١٥) إن حركة الإنسان تتحقق في المفاصل

المفاصل المتعددة للجسم في وقت واحد أو بالتعاقب وهي مختلفة. ودور البيوميكانيك يساهم في إيجاد يساهم في إيجاد الوسائل والظروف المناسبة للفعل الحركي الأفضل وكيفية إتقانه بشكل جيد. (١٣) جيد. (١٣)

ويضيف جمال علاء الدين، ناهد أنور الصباغ (٢٠٠٧) أن الأداء من وجهة النظر البيوميكانيكية عبارة عن نظام ديناميكي معقد متعدد التراكيب للأفعال الحركية القائمة على مثالية الإمكانات الحركية والموجهة نحو الهدف خلال النشاط الرياضي للوصول للمستويات العالية، وان التحليل الحركي هو المقياس الموضوعي الوحيد الذي يمكن أن يستند عليه في أداء اللاعب لأي مهارة، ويمكن الاعتماد على التكنيك الرياضي للاعبي المستويات العالية كنموذج معياري عند تقييم الأداء المهارى. (٦)

وللمهارات الحركية مسارات ديناميكية ثابته كما يشير طلحة حسام الدين وآخرون (٢٠١٩)، تميز هذه المسارات بين المهارات وبعضها وهو ما يطلق عليه التكنيك الخاص؛ بمعنى أن لكل مهارة تركيبها الديناميكي الخاص بها والتركيب الديناميكي يعنى مقادير القوى اللحظية سواء داخليه أو خارجيه وما ينتج عنها من متغيرات ظاهريه (كينماتيكية) بتوقيتات زمنيه محددة. (١٠)

وتعتبر رياضة التايكوندو كما يشير أحمد زهران (٢٠٠٥) من الرياضات التي تؤدي مهاراتها على محاور فراغية واتجاهات متعددة وتتطلب التنسيق الدقيق بين عمل أجزاء الجسم المختلفة للأمام والخلف والجانبين في أن واحد (١). وعلى الرغم من هذا التعقيد للأداء الحركي والمهارى لرياضات الدفاع عن النفس وخاصه رياضه التايكوندو يجب أن تؤدي المهارات بسلاسة وانسيابية وبالقوة المطلوبة، ولذلك يمثل أداء بعض المهارات بشكل صحيح تحدياً للاعب/ المدرب، مما يستدعي فهم أعمق للتركيب الديناميكي للأداء المهاري لتيسير التعلم والتدريب وجعلة أكثر فاعلية. (٢٥)، (١٨)

ومهارة الركلة الخلفية الدائرية (موم دوليو تشاجي) والتي يطلق عليها البعض أيضا (مهارة التفريجى) من المهارات الهجومية الحاسمة والهامة للاعبي التايكوندو وتتميز بانها مهارة مركبه لها دور دور كبير في تحقيق الفوز في المنافسات، حيث يحرز بها اللاعب خمس نقاط عند تنفيذها بشكل ناجح، ولقد لاحظ الباحثان أن الأداء المهاري للمهارة قيد البحث لدي طالبات تخصص التايكوندو بكلية التربية الرياضية وهن لاعبات مسجلات في الاتحاد المصري للتايكوندو يتخلله العديد من الأخطاء الفنية والقصور في الأداء، وحيث أن المرجعيات العلمية التي تتناول مراحل ومواصفات الأداء الفني للمهارة نادرة علي حد علم الباحثان، كما أنها من المهارات التي تحتاج الى وقت طويل من التدريب مع الاهتمام الاهتمام بتقنين مراحلها وضبط الانتقال من مرحلة الى أخرى مما يشكل عائق أمام اللاعبات، الأمر الذى الذى دعي الباحثان الي دراسة الخصائص البيوميكانيكية للأداء النموذجي لعينة البحث (لاعبة دولية بمنتخب مصر كروجي) بهدف تصميم دليل للمدرب واللاعب باستخدام تقنية المجسمات البيوميكانيكية ثلاثية الأبعاد يوضح الأداء المهاري الصحيح وتسلسل مراحل ومواصفات الأداء الفني، ووضع عدد من

من التدريبات النوعية باستخدام نفس التقنية لتكون مرجعيه رقميه تسهم في تحسين مستوي الأداء المهاري المهاري لطالبات التخصص بكليات التربية الرياضية ومساعدة كل من اللاعبين والمدربين في الوصول الوصول الى الأداء المهاري الأمثل.

أهداف البحث

يهدف البحث: الى تصميم مجسمات بيوميكانيكية ثلاثية الإبعاد كأساس لوضع تدريبات نوعيه لمهارة **(موم دوليو تشاجي)** في رياضة التايكوندو.

تساؤلات البحث

١- ما هي المتغيرات البيوميكانيكية لأداء مهارة الركلة الخلفية الدائرية **(موم دوليو تشاجي)** في رياضة التايكوندو؟

٢- هل يمكن تصميم مجسمات بيوميكانيكية تعليميه **(موم دوليو تشاجي)** قيد البحث؟

٣- ما هي التدريبات النوعية التي يمكن استخلاصها من التحليل الحركي لتنمية المهارة قيد البحث؟

مصطلحات البحث:

- **المجسمات البيوميكانيكية ثلاثية الأبعاد (3D Biomechanical Models)**

أحد التقنيات التكنولوجية الناشئة وهي" الرسوم الحاسوبية التي تحتوي على مجسم لجسم أنسان يتحرك ضمن فضاء ثلاثي الأبعاد يشبه الفضاء المكاني الحقيقي ويعتمد تصميمها علي التحليل البيوميكانيكي بحيث تتطابق حركة المجسم مع المسار الهندسي والمتغيرات البيوميكانيكية للأداء الحركي المستهدف من التصميم، وتوفر القدرة علي استعراض الأداء المهاري للاعب من زوايا رؤيه ومناظير مختلفة وبقدرة تكبير أو تصغير عالية، كما يمكن تغيير سرعه العرض وفقا لمدي صعوبة وتركيب المهارة ويبدا تصميم المجسم بإعداد نموذج دقيق ومفصل لجسم اللاعب وتمثل كل وصله من وصلات الجسم بثلاث مساقط (أفقي- رأسي- سهمي) . (١٥)، (١٧)

- **الركلة الخلفية الدائرية (موم دوليو تشاجي): " Mom Dollyo-chagi "**

هي احدى الركلات التي تؤدى مع الدوران في اتجاه خلفي دائري لأداء الركلة في راس المنافس، ولها أهمية كبيرة حيث تنهى معظم المباريات بالضربة القاضية. (١)

إجراءات البحث

أولاً: منهج البحث

في ضوء متطلبات الدراسة الحالية قام الباحثان بإستخدام المنهج الوصفي لمناسبة هذا المنهج لطبيعة البحث باستخدام التحليل البيوميكانيكي ثلاثي الأبعاد.

ثانياً: مجالات البحث

١. **المجال المكاني (الجغرافي):** -

تم اختيار مكان تنفيذ إجراءات البحث بصالة المنازلات بكلية التربية الرياضية بالجزيرة- جامعه حلوان

حلوان للأسباب التالية: -

- توافر الأدوات والأجهزة اللازمة لتنفيذ القياسات قيد البحث.
- مناسبة المكان لإجراء الاختبارات والقياسات قيد البحث.
- سهولة نقل الأدوات والأجهزة.
- توافر عينة البحث

٢. المجال الزمني: -

تم إجراء البحث خلال الفترة من الأربعاء ٢٣ الى يوم الأحد ٢٧ من أكتوبر (٢٠١٩) م طبقاً لما يلي: -

أ- قام الباحثان بإجراء دراسة استطلاعية في الفترة من يومي الأربعاء والخميس ٢٣-٢٤ /١٠/ ٢٠١٩ بهدف:

- التأكد من توافر جميع الأجهزة والأدوات المناسبة للاختبار وصلاحيتها.
- التأكد من صلاحية المكان ومدى مناسبته لأداء القياسات.
- تحديد المجال المناسب لتصوير الأداء.
- تحديد التردد المناسب لتصوير الأداء ومكان تثبيت الكاميرات.
- تحديد جودة التصوير المناسبة لإجراء التحليل البيوميكانيكي لأداء المهارة قيد البحث.

ب- قام الباحثان بإجراء الدراسة الأساسية يوم الأحد ٢٧ /١٠/ ٢٠١٩ لتصوير محاولات أداء المهارة قيد البحث لعينة الدراسة (عدد خمس محاولات ناجحة لأداء المهارة)

٣. المجال البشري: -

أ- عينة البحث:

تم اختيار عينة البحث بالطريقة العمدية وهي لاعبة منتخب مصر للتايكوندو (قتال) والتابعة للمؤسسة العسكرية المصرية.

ب- شروط اختيار العينة:

- أن تكون من اللاعبات المسجلات بالاتحاد المصري للتايكوندو وتشارك بصورة منتظمة في البطولات التي ينظمها الإتحاد.
- أن يكون لديها خبرة في ممارسة رياضة التايكوندو لا تقل عن ١٠ سنوات من التدريب و٥ سنوات من المشاركة في البطولات والمنافسات.

جدول (١) توصيف عينة التحليل الحركي

السن	الطول	الوزن	العمر التدريبي
١٩ سنة	١٥٧سم	٤٨ كجم	١٣سنة

ثالثا: أدوات وأجهزة جمع البيانات:

- ميزان طبي معايير لقياس الوزن لأقرب كيلو جرام.
- الريستامير لقياس الطول الكلى لأقرب سم.
- استمارة تسجيل البيانات

- **أجهزة وأدوات التصوير وبرامج التحليل البيوميكانيكي والتصميم:**

- عدد ٢ كاميرا تصوير High Speed Camera – SoCoo/ C30 S ، (تم ضبطها على تردد ٣٠ كادر/ ث ، وبجودة تصوير 1080*1920 بيكسل).
- عدد ٢ حامل ثلاثي مزود بميزان مائي.
- ريموت SoCoo لتزامن الكاميرات. Wireless Sync remote.
- حاسوب محمول HP Pavilion G6.
- برنامج التحليل الحركى Tracker 5.3.
- برنامج PowerDraw.
- برنامج Daz 3D 4.12.
- برنامج Iclone 7.3.
- برامج التحليل الإحصائي (برنامج SPSS v. 20 ، برنامج Microsoft Excel 2016)
- مكعب معايرة من ٨ نقاط مقاس ١م x ١م x ١م.

رابعا: إجراءات التصوير

تم تصوير عدد من المحاولات الناجحة لأداء المهارة قيد البحث، وتم اختيار افضل ٥ محاولات منها بغرض التحليل البيوميكانيكي لاستخراج اهم المتغيرات، حيث وضعت كاميرات التصويرعلى بعد ٤ أمتار من مكان الأداء وعلى ارتفاع ١,١ متر من الأرض، وراعي الباحثان ان تكون الكاميرا الاولي عمودية علي مستوي الأداء الحركي (Segaital plane)، وأن تكون الكاميرا الثانية عمودية علي المستوي الامامي للاعبة (Frontal Plane)، وان تكون الحركة في منتصف كادر التصوير، وكان التصوير بسرعة ٣٠ اطار /ثانية وبدقة 1080*1920 بيكسل ، واستخدم مكعب معايرة من ٨ نقاط بميقاس ١م x ١م x ١م تم وضعة في منتصف كادر التصوير وفي مكان أداء المهارة قيد البحث.

خامسا : إجراءات التحليل

قام الباحثان بإجراء التحليل الحركي ثلاثي الابعاد للأداء الفني للمهارة قيد البحث واستخدم نموذج

نموذج تحليل مكون من ١٤ نقطة مرجعية تمثل أجزاء جسم اللاعبة أثناء مراحل الأداء المختلفة، كما استخدم الباحثان برنامج (Tracker 5.3) للتحليل الحركي لتحليل عدد خمسة محاولات للتعرف علي المتغيرات البيوميكانيكية قيد البحث، وتحديد مراحل ومواصفات الأداء الفني للمهارة.

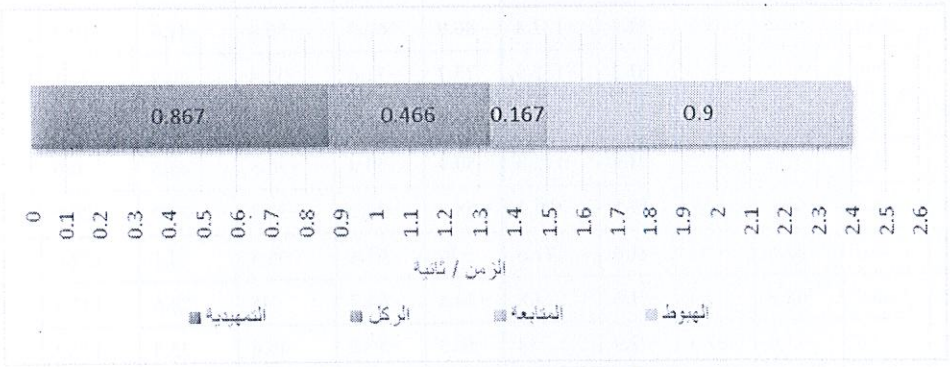
سادسا: المعالجات الإحصائية

تم اجراء المعالجات الاحصائية باستخدام برنامج Microsoft Excel 2016 ,وبرنامج SPSS Version 20

عرض ومناقشة النتائج

أولا: مراحل الأداء الفني والتسلسل الزمني لمراحل الأداء

بلغ متوسط الزمن الكلي لأداء المهارة قيد البحث ٢,٤ ثانية، وقد قام الباحثان بتقسيم الأداء الفني للمهارة الي عدة مراحل فنية وفقا للتحليل البيوميكانيكي حيث تم تحديد المراحل الفنية وفقا لشكل (١) التالي:



شكل (١) التسلسل الزمني ومراحل الأداء الفني

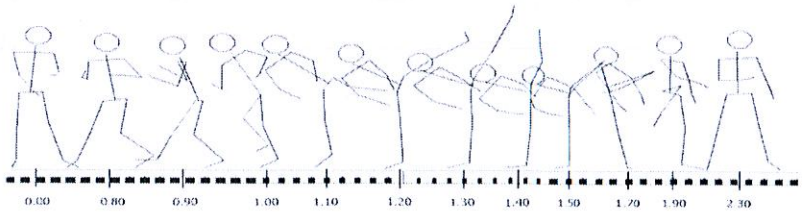
ثانيا: الزوايا المطلقة وأوضاع الجسم

يوضح جدول (٢) وشكل (٢) الزوايا المطلقة لأجزاء الجسم علي المستوي الفراغي x, y أثناء أثناء مراحل الأداء المختلفة كذلك أوضاع الجسم، حيث تم قياس الزوايا لأجزاء الجسم بالنسبة للمحور الأفقي الموجب (+x)، في حين وضع مركز النظام الإحداثي (x, y) على محور دوران مفصل الجزء المراد قياسه (z)، وذلك للتأكد من ثبات قياسات الزوايا عند استخدامها في عملية تصميم المجسمات البيوميكانيكية لاحقا.

جدول (٢) الزوايا المطلقة لأجزاء الجسم علي المستوي الفراغي y x

		الجانب الأيمن						الجانب الأيسر						
الزمن	المرحلة	القدم	الساق	الفخذ	العضد	الساعد	اليد	القدم	الساق	الفخذ	العضد	الساعد	اليد	الجذع
0	التهيئية	-110.1	-91.7	-91	-79.4	-55.1	-52.3	-31.4	-75.1	-81.1	-81	-120.5	171.9	86
0.1		-110.8	-92.4	-90.5	-78.4	-53.7	-44.2	-32.8	-76.9	-80.5	-80.1	-129.5	172.9	85.7
0.2		-113.9	-93.1	-92.4	-77.1	-49	-36.9	-34.6	-78	-80.8	-78	-133.3	166	87.8
0.3		-122.9	-96.1	-93	-75.8	-38.2	-32	-34.6	-79.1	-80.6	-79.4	-97.6	-135	87.8
0.4		-121.6	-95.6	-92.6	-74.5	-31.9	-22.4	-33.9	-80.2	-78.6	-81.5	-46.7	-74.1	88.1
0.5		-129.9	-93.7	-93.7	-80.8	-8.1	-3.7	-36.4	-80.6	-78.2	-81.1	-6.5	-49.8	87.4
0.6		-131.1	-94.8	-95.3	-103.5	5.4	10.6	-66.5	-75.7	-77.1	-69.6	-15.3	-51.3	89.2
0.7		-131.3	-101.6	-99.6	-118.6	16.1	23.4	-120.5	-56.1	-86.5	-52.2	-37.2	-50.9	93.3
0.8		-138.1	-108.5	-105.8	-93.9	133.2	72	-139.1	-43.6	-98.2	-56	173.7	180	98.1
0.9	الركل	-178.1	-112	-116.1	-60.6	145.1	145.4	-148.5	-52.1	-99.9	-101.4	155.2	130.2	107.7
1		-145.1	-56.9	-117.5	-23.1	-108	-103	-147.8	-72.3	-86.8	-86.6	145.8	132	116.6
1.1		-3	-10.3	-41.6	-56.8	-66.5	-86.9	-137.8	-83.7	-88.6	-62.7	-34.3	-30.3	140.7
1.2		110.6	35.1	40.9	-52.4	-71.6	-75.7	-152.9	-87.2	-85.4	-52.2	-25.6	-25.3	148
1.3		80.5	68.4	64.2	-36.5	-42.3	-46.4	-163.1	-92.4	-89.7	-47.1	-21.5	-27.9	155.7
1.4	المتابعة	95.2	100	68.5	-30.8	-50.4	-50.9	-172.3	-94.9	-89.7	-37.4	-12.9	-14	160.3
1.5		-124.3	-126.8	47.9	-32.7	-70.2	-58.2	179.1	-89.5	-87.8	-65.2	-18.3	-26.6	157.6
1.6	الهبوط	147.3	-152.6	28.1	-39.5	-67.6	-70	171.6	-81.6	-82	-87.5	-40.7	-25.2	128.9
1.7		-165.2	-143.9	28.6	-45	-64.7	-70.6	4.8	-77.8	-84	-68.9	-68.4	-48	105.8
1.8		-127.1	-129.2	35.4	-45.6	-56.5	-56.3	-14	-78.9	-87.6	-75.8	-66	-31	97.6
1.9		-112.3	-118.7	29.1	-52.1	-25.8	-29.7	-13.7	-94.3	-83.5	-73.4	-78.3	-67.4	92.5
2		-109.1	-108	-72.1	-63.4	3.4	-2.6	-17.2	-93.5	-84.7	-71.9	-73.5	-63.4	93
2.1		-111.9	-100.4	-105.6	-73.1	18.4	32.5	-26.6	-90	-87.5	-69.5	-72.5	-71.6	94.9
2.2		-103.8	-103.5	-103.9	-85.4	14.7	22.6	-33.2	-84.6	-84.2	-70.6	-72.4	-64.8	92.1
2.3		-108.4	-99.3	-98.5	-91.8	-0.6	10.9	-39.4	-82.3	-76.6	-74.5	-72.3	-72.5	91.4
2.4		-108.4	-95.4	-97.9	-98.7	-11.5	2.3	-34.2	-77.1	-74	-81.3	-83.1	-105.6	88.1

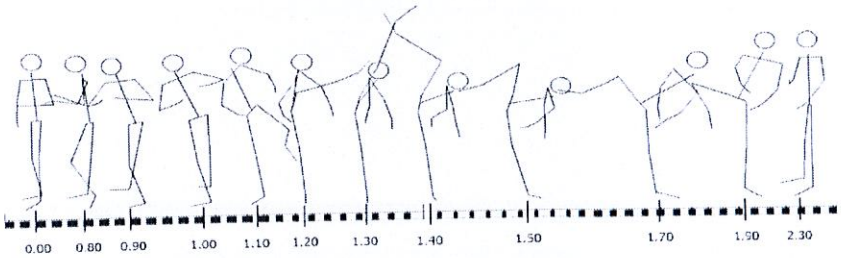
شكل (٢) بعض أوضاع الجسم على المستوي الفراغي y x



جدول (٣) الزوايا المطلقة لأجزاء الجسم على المستوي الفراغي z y

الزمن	المرحلة	الجانب الأيمن						الجانب الأيسر						
		القدم	الساق	الفخذ	العضد	الساعد	اليد	القدم	الساق	الفخذ	العضد	الساعد	اليد	الجذع
0	التهيئة	-165	-79.1	-90.8	-97	-92.7	-78.9	-145.8	-88.7	-94.3	-77.2	-174.4	168.4	94.1
0.1		-165	-79.1	-87.8	-98.6	-92.6	-77.1	-147.8	-88.7	-93.6	-75.1	-177.4	174.3	92.9
0.2		-166.6	-79.2	-91.4	-98.4	-92.7	-76.4	-145.8	-86.8	-94.3	-79.6	-178.7	178.2	94.6
0.3		-167.1	-81.3	-92.8	-98.6	-91.4	-68.8	-145.3	-88.7	-92.8	-77.1	180	-174.6	94.8
0.4		-168.9	-80.7	-93.5	-97	-91.6	-60.8	-143.8	-88	-94.9	-77.1	180	-161	95.7
0.5		-168.6	-81.4	-92.1	-101.2	-87.6	-46.5	-143.8	-86.1	-96.8	-75.4	-172.1	-143.8	96.2
0.6		-165.8	-81.9	-92.1	-105.3	-102.5	14	-138.4	-75.3	-104.5	-67.4	-165.1	-120.1	95.7
0.7		-166.2	-85.6	-95	-104.3	141.3	104.6	-131.8	-66	-113.9	-57.9	-168.7	-127.2	96.6
0.8		-166.2	-94.2	-94.3	-87.3	154.8	159.4	-108.4	-60.5	-107.6	-109.6	170.3	-158.6	97.1
0.9	الركل	178.9	-99.8	-100.2	-55.6	175.3	171.1	-167.9	-70.6	-88.7	-122	19.4	39.1	106.7
1		-152	-95.1	-86.9	-18.9	-156.5	-178.3	-167.9	-77.8	-79.7	-96.3	23.6	28.8	112.4
1.1		-63	-103.6	-45	-23.7	-65.4	-90	-144.2	-81.4	-81.3	-95.3	-35.9	-17.7	111
1.2		49.1	25	18.2	-43.1	-71.2	-83.5	-84.3	-85.5	-80.6	-119.7	-81.6	-49.4	78.4
1.3		28.4	72.1	62.2	-62.2	-71.2	-98.3	-96.3	-84.2	-85.1	-103.4	-97.9	-72.3	54.2
1.4	المتابعة	109.2	144.1	68.9	-77.5	-81.3	-84.1	-58	-84.2	-81.1	-146.8	-147.5	-78.3	24
1.5		-166.8	-144.5	79.2	-99.2	-88.8	-93.7	-5.7	-76.8	-82.1	-155.7	-145.5	-151.6	11.8
1.6	الهبوط	-164.1	-134.4	99.5	-110.3	-98.3	-103.7	-6.7	-76	-85.2	-130.8	-148.7	-137.1	20.5
1.7		170.5	-151.7	122.1	-123.2	-91.3	-84.4	-14.4	-83.9	-85.9	-122.7	-144.6	-131.6	33
1.8		-139.6	-106.4	131.9	-113.9	-82.9	-65.7	-18.4	-91.2	-88.6	-112.2	-134	-146.7	47.4
1.9		-81.3	-63.4	157.8	-111.2	-61.9	-41.8	-33.7	-92	-92.5	-101.5	-130.2	-142.7	64.6
2		-75	-49.7	-173.8	-119.8	-43	-14	-63.4	-88	-90.6	-90	-120.5	-139.3	73
2.1		-88.5	-55	-145.5	-118.2	32.5	20.1	-142.1	-90	-89.4	-82	-114.9	-140.2	77.9
2.2		-137.2	-78.4	-108.2	-107.6	100.3	37.7	-148.7	-91.4	-87.5	-73.7	-120.2	-133.8	84.7
2.3		-167	-93.2	-94.5	-105	-172.9	64.8	-152.1	-86.6	-91.9	-81.7	-126.7	-138.5	91.3
2.4		-170.3	-92.4	-96.6	-103.9	-98.7	-163.5	-156.2	-84.7	-97.2	-97.8	-120.2	-133.8	95.8

يوضح جدول (٣) وشكل (٣) الزوايا المطلقة لأجزاء الجسم علي المستوي الفراغي z, y أثناء مراحل الأداء المختلفة كذلك أوضاع الجسم، حيث تم قياس الزوايا لأجزاء الجسم بالنسبة للمحور السهمي الموجب (+z)، في حين وضع مركز النظام الإحداثي (z, y) على محور دوران مفصل الجزء المراد قياسه (x).



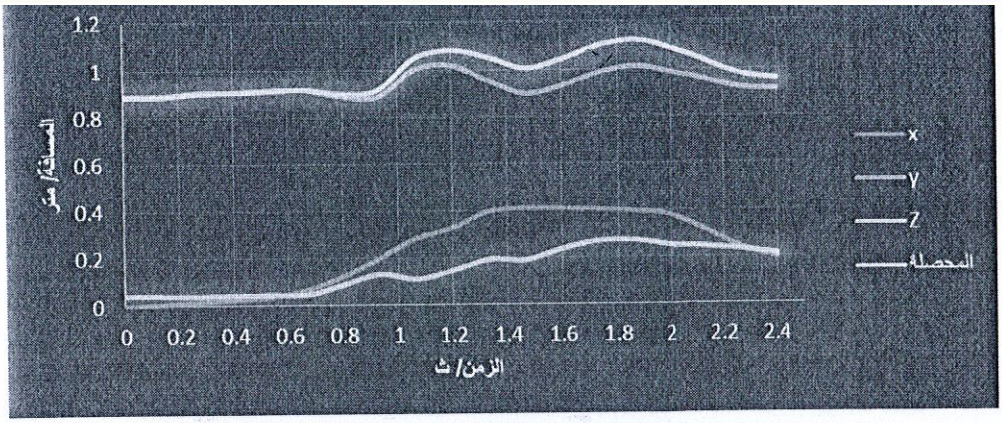
شكل (٣) بعض أوضاع الجسم على المستوي الفراغي z y

ويتضح من تحليل الاداء الفنى للمهارة ان زمن اداء مرحلة الختام كان اطول من زمن باقى المراحل ويفسر الباحثان ذلك بأن اللاعبة تكون فى محاولة مستمرة للاتزان مع دوران الجسم حول المحور المحور الطولي لإتمام الهبوط المستقروالثبات على الارض بكلتا الرجلين والعودة مرة أخري لوضع الاستعداد للدفاع بعد اداء الركله، ويلى مرحلة الختام في الزمن المستغرق المرحلة التمهيديه حيث تحتل ثانى اطول زمن ويفسر الباحثان ذلك ان المرحلة التمهيديه تشمل لف الجذع والحوض وبداية توجيه الرجل الرجل الراكلة بسرعه ودقة للهدف وتتفق هذه النتائج مع"سكوت جرالد ولين" Scot Gerald "Wohlin Muscolo, G. G., Caldwell, D., & Cannella, F(1989) انه من الملاحظ " ان الرأس والاكتاف الحوض" لها تاثير في النقل الحركي من الجذع الي الرجل الضاربة فنجد ان فترة التمهيد التمهيد تتطلب فترة زمنيه من الزمن الكلى للمهارة والتى تؤديها اللاعبه من بداية حركة الجسم وحتي لحظة ترك القدم الضاربة لسطح الأرض، حيث يتم خلال هذه المرحلة انتقال مركز الثقل للارتكاز علي علي القدم الامامية (قدم الارتكاز) ثم دوران الجذع والجسم علي مشط القدم الامامية حول المحور الرأسي الرأسي وحتي يصل ظهر اللاعبة لمواجه المنافس ، ثم تاتى المرحلة الرئيسيه وقد تم تقسيما الى جزئين جزئين الاول مرحلة الركل ومتابعة الركل وواستغقت زمن قصير لانها يجب ان تتسم بالقوة المناسبة والسرعه فى الاداء حتى لا تستطيع المنافسه اخذ وضع دفاعى مما يساعد على افشال الركله .(٢٢)، (١٩) (١٧)

وبالتالي يؤكد الباحثان أنه لابد من تجزئة الحركة المراد تحليلها لعناصرها الأساسية المؤلفة لها حتى يتسنى فهم أعمق للظاهرة ككل، ويتفقا مع كلا من جمال علاء الدين وناهد الصباغ (٢٠٠٧) وسيد المرسى (٢٠٠٦) ومروان عبد المجيد إبراهيم وإيمان شاكر محمود (٢٠١٤) في انه يمكن تحقيق أفضل النتائج المرجوة من التحليل وتحديد الأداء الفني للمهارة الذى يتطلب فهم كيفية الأداء فى ضوء مجموعة من المعلومات التى تساعد على تحديد الإجراءات الحركية المطلوب انجازها بأعلى كفاءة ممكنة وبأقل جهد.(٦)، (٩)، (١٤)

ثالثا: إزاحة مركز الثقل

يوضح شكل (٤) متوسط الازاحة لمركز ثقل الجسم علي المحاور الفراغية الثلاثة (x,y,z) كذلك الازاحة المحصلة.



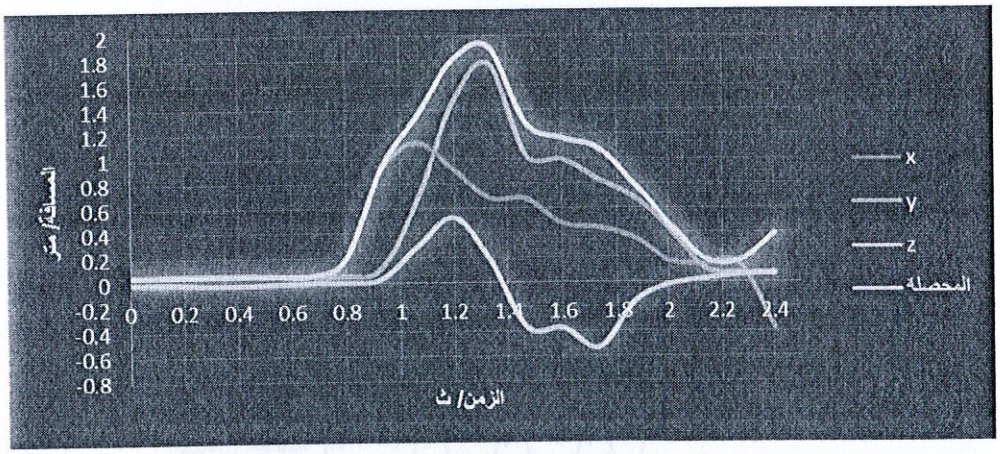
شكل (٤) منحنيات الإزاحة لمركز ثقل الجسم علي المستويات الفراغية الثلاثة

حيث تشير أهم النتائج الي ان متوسط أعلي قيمة لإزاحة مركز الثقل علي المحور x قد بلغت ٠,٤١٣ متر خلال مرحلة متابعه الركل، و متوسط اعلي قيمة للإزاحة علي المحور y كان ٠,١٣٢ متر خلال مرحلة الركل، و متوسط اعلي قيمة للإزاحة علي المحور z كان ٠,٢٢٥ متر خلال مرحلة الهبوط، كما بلغ متوسط أعلي قيمة للإزاحة المحصلة ٠,١٤٥ متر خلال مرحلة الهبوط.

الجدير بالذكر أن قيمة الإزاحة لمركز الثقل علي المحور x كانت اكبر من قيمة إزاحة مركز الثقل علي المحور z ويرجع الباحثان هذه النتيجة الي أن حركة مركز الثقل كانت محدودة علي المحور z لكى تحافظ اللاعبه على الاتزان اثناء الاداء للركله ففي حالة ابتعاد مركز الثقل بمسافه كبيرة عن المحور z مقارنة بالمحور x يؤدى ذلك لاختلال التوازن .

رابعا: إزاحة القدم الراكلة

يوضح شكل (٥) متوسط إزاحة القدم الراكلة علي المحاور الفراغية الثلاثة (x,y,z) كذلك الازاحة المحصلة.



شكل (٥) منحنيات الازاحة للقدم الراكلة علي المستويات الفراغية الثلاثة

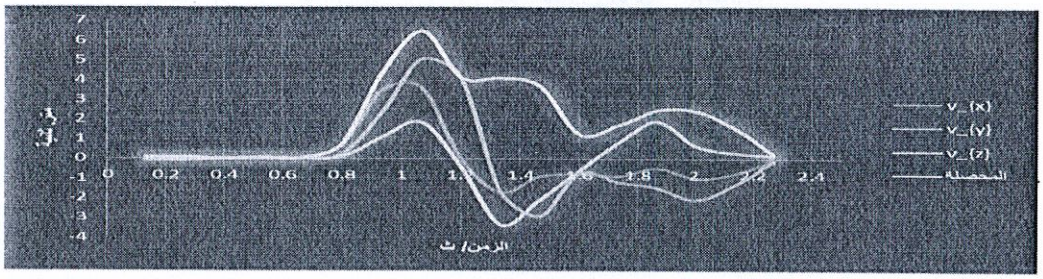
حيث تشير أهم النتائج الي ان متوسط أعلي إزاحة للقدم الراكلة علي المحور x كان ١,١٤١ متر خلال خلال مرحلة الركل، و متوسط اعلي قيمة للإزاحة علي المحور y بلغت ١,٧١٦ متر في نهاية مرحلة

الركل، و متوسط اعلي قيمة للإزاحة علي المحور z بلغت ١,٠٥٩ متر خلال مرحلة الركل، كما بلغ متوسط أعلي قيمة للإزاحة المحصلة ١,٨٥٣ مترفي نهاية مرحلة الركل.

تشير تلك النتائج انه فى نهايه مرحلة الركل تكون القدم الراكله قد وصلت لاعلى مستوى رأسي للضرب وقد حققت اكبر قدر من الازاحه المحصلة قبل توصيل الضربة لرأس المنافس لاصابه الهدف باقصى سرعه، لذلك فإن معرفة الاداء المهارى بالطريقة الديناميكيه الصحيحه يساعد على اداء الحركة الصحيحه من الناحيه الفنيه ، وهو ما يتفق أيضا مع كلا من بدوى عبد العال ،عصام الدين متولى (٢٠٠٦) و سيد محمد المرسى (٢٠٠٦) عبد الله محمد احمد (٢٠١٢) أن الهدف الاساسى لمعظم الانشطه الرياضيه هو تحقيق ما هو أسرع وأعلى وأقوى وهذا معناه من نظر الميكانيكا بذل شغل ميكانيكى باكبر قدر ممكن فى اتجاهات مضادة للظروف الخارجيه. (٤) ، (١٢)، (٩)، (١١)

خامسا : سرعة القدم الراكلة

يوضح شكل (٦) سرعة القدم الراكلة علي المحاور الفراغية الثلاثة (x,y,z) كذلك السرعة المحصلة.



شكل (٦) سرعة القدم الراكلة علي المستويات الفراغية الثلاثة

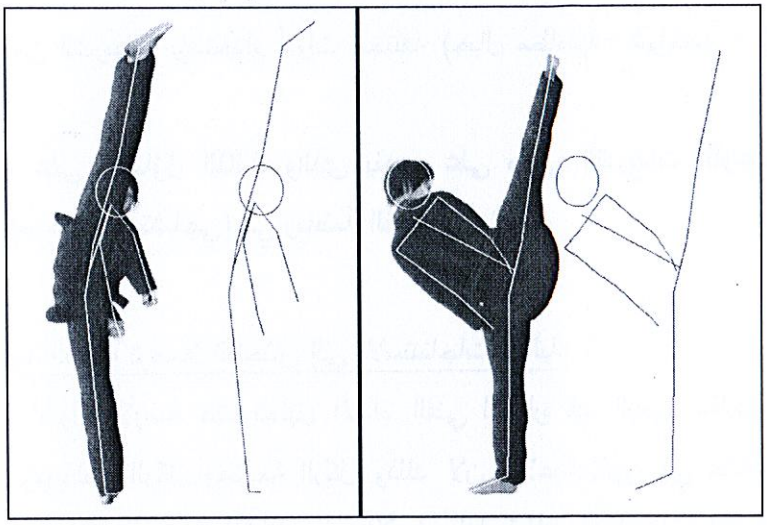
حيث تشير أهم النتائج الي ان متوسط أعلي قيمة لسرعة القدم الراكلة علي المحور x قد بلغ ٣,٥٨٦ متر/ ث خلال مرحلة الركل، ومتوسط اعلي قيمة للسرعة علي المحور y كان ٥,٠٧٧ متر/ ث خلال مرحلة الركل، و متوسط اعلي قيمة للسرعة علي المحور z كانت -٣,٣٥٩ متر/ ث في نهاية مرحلة الركل وبداية مرحلة متابعة الركل، كما بلغ متوسط أعلي قيمة للسرعة المحصلة ٦,٤٨٦ متر/ث قبل نهاية مرحلة الركل.

حيث يرى الباحثان أن التزايد الذي تم في السرعة قبل نهاية مرحلة الركل هي محاولة من اللاعبه اللاعبه لزيادة كمية الحركة المكتسبة للقدم الضاربة وتوصيل الركله بسرعة وقوة للسيطرة على الموقف الموقف الهجومى وتوصيل الضربة لرأس المنافس بفاعلية قبل استخدام وسائل الدفاع او الابتعاد عن ركلة ركلة المنافس، وهذه النتائج التي تتفق مع دراسات كلا من Scot Gerald Wohlin(١٩٨٩) وعبد الله الله محمد احمد (٢٠١٢) وجمال غالب (٢٠١٤). (٢٢)، (١١)، (٧)

وبذلك يتحقق الاجابه على التساؤل الاول و الذى ينص على ما هى المتغيرات البيوميكانيكية لاداء مهارة الركله الخلفيه الدائريه (موم دوليو تشاجي) فى رياضة التايكوندو؟

سادسا: تصميم المجسمات البيوميكانيكية للأداء المهاري

قام الباحثان بإعداد نموذج مجسم دقيق ومفصل لجسم اللاعب، وتم تمثيل كل جزء من أجزاء الجسم بثلاثة مساقط (أفقي ورأسي وسهمي)، حيث يتطلب بناء النماذج المجسمة الاحتفاظ بالإحداثيات الديكارتية لآلاف النقاط وتغيير قيم الإحداثيات من إطار إلى أخر خلال حركة الجسم وفقا للمسار الهندسي والمنحنيات البيوميكانيكية المستخرجة من الدراسة شكل (٧).



شكل(٧) تصميم نموذج بيوميكانيكي ثابت لأحد أوضاع الجسم علي المستوي الفراغي zy، xy

- ويشير الباحثان انه من خلال التحليل البيوميكانيكى تم تصميم عدد (٢٤) مجسم ثابت بإستخدام حزمه برمجيات التصميم (برنامج PowerDraw ،برنامج Daz 3D 4.12، برنامج Iclone 7.3) يمثل كل نموذج ثابت منها إطار في كل وضع لحظي من المراحل الفنية لأداء المهارة قيد البحث، واعتمادا على المجسمات الثابتة كأساس، تم تصميم عدد (٢٨٨) مجسم إضافي لإنتاج مجسم كامل متحرك ثلاثي الأبعاد لأداء المهارة وفقا للمتغيرات البيوميكانيكية ومحددات الأداء المستخلصة من نتائج التحليل الحركي **(مرفق ١)**، ووفقا للإجراءات المتبعه بدراسة كل من مشيرة إبراهيم، أحمد طلحة (٢٠١٨) ودراسة TALHA,A (٢٠١٦). (١٥)، (٢٤)

وبذلك يتحقق الاجابه على التساؤل الثانى و الذى ينص على هل يمكن تصميم مجسمات بيوميكانيكيه تعليميه لمهارة (موم دوليو تشاجي) قيدالبحث ؟

قام الباحثان بتصميم دليل رقمي لمراحل الأداء ومواصفات الأداء الفني لمهارة **(موم دوليو تشاجي)** المستخلصة ليكون متاحا علي شبكة المعلومات الدولية بإستخدام المجسمات مع أضافه المعلومات المتعلقة بالنقاط الفنية ومراحل الأداء الفني الصحيح للمهارة قيد البحث للعرض بسلاسه وطريقه سهلة للمستخدم **(مرفق ٢)**

- استخلاص ووضع عدد ثلاثة تدريبات نوعية تتماثل مع المنحنيات البيوميكانيكية للأداء المهاري باستخدام تقنية المجسمات **(مرفق ٣)** كاتالي:

١. **التدريب الأول (الدوران والركل خلفا)**: لتنمية دوران الجسم على أمشاط القدمين وسرعه الركل خلفا.

٢. **التدريب الثاني (التوازن الديناميكي)**: لتطوير القدرة على التوازن عند دوران الجسم بسرعه حول المحور الرأسي.

٣. **التدريب الثالث (تدريب متابعه الركل)**: لتنمية سرعه ثني ركبة الرجل الراكله خلال مرحلة متابعه الركل.

– كما تم اقتراح عدد من التدريبات بإستخدام أدوات مختلفة (حبال مطاطية– شواخص– أثقال– أهداف) **(مرفق ٤)**.

وبذلك يتحقق الاجابه على التساؤل الثالث والذى ينص على ماهي التدريبات النوعية التي يمكن وضعها لتنمية مهارة (موم دوليو تشاجي) في رياضة التايكوندو ؟

الاستنتاجات

في ضوء إجراءات وعينه البحث توصلا الباحثان إلى الاستنتاجات التالية:

- يعتبر زمن الهبوط أطول الأزمنة عند تحليل الأداء الفني للمهارة قيد البحث مقارنتا بين كلا من المرحلة التمهيدية ومرحلتي الركل ومتابعة الركل وذلك لان اللاعبة تكون في حالة محافظة على التوازن بشكل مستمر وحتى الوصول للثبات على الأرض لذا يتطلب الأداء لهذه المرحلة وقت أطول لتحقيق التوازن وإنهاء المهارة كامله مع العودة لوضع التوازن.
- تعد المرحلة التمهيدية ثاني أطول زمن وذلك بنسبة وذلك لان المرحلة التمهيدية تشمل على كلا من دفع وترك الرجل الراكله للأرض ثم لف الجذع وتوجيه الرجل الراكله بسرعه ودقة للأعداد للجزء الرئيسي للمهارة.
- زمن أداء مرحلة الركل ومتابعة الركل أقصر من المرحلتين التمهيدية والهبوط وذلك لأنها تتسم بالمفاجئة والسرعة لزيادة كمية الحركة المكتسبة للقدم الضاربة وتوصيل الركلة بسرعة وقوة للسيطرة على الموقف الهجومي وتوصيل الضربة لرأس المنافس بفاعلية قبل استخدامه لوسائل الدفاع.

- بلغت قيمة الإزاحة لمركز الثقل على المحور x (٠,٤١٣) متر خلال مرحلة متابعه الركل وهي أكبر من قيمة الإزاحة لمركز الثقل على المحور z (٠,٢٢٥) متر خلال مرحلة الهبوط وذلك لكي تحافظ اللاعبة على الاتزان أثناء الأداء للركلة حيث أن خروج مركز الثقل بمسافه كبيرة عن المحور z مقارنة بالمحور x يؤدى لاختلال التوازن.
- متوسط أعلي إزاحة للقدم الضاربة على المحور x كان (١,١٤١) متر خلال مرحلة الركل، و متوسط اعلي قيمة للإزاحة على المحور y بلغت (١,٧١٦) متر في نهاية مرحلة الركل، و متوسط اعلي قيمة للإزاحة على المحور z بلغت ١,٠٥٩ متر خلال مرحلة الركل، كما بلغ متوسط أعلي قيمة للإزاحة المحصلة (١,٨٤٣) مترفي نهاية مرحلة الركل.

- في مرحلة الهبوط تقترب القدم الضاربة بشكل كبير من الجسم بعد اكتسابها سرعه عالية أثناء الركل الركل حيث تبدأ في تقليل السرعة والتقريب من مركز الثقل للمحافظة على الاتزان أثناء الدوران.
- تلجا اللاعبة لتقليل سرعه الرجل الضاربة بعد الانتهاء من الركلة وبداية مرحلة الهبوط للمساعدة في هبوط مستقر ومتزن.
- تصميم مجسمات بيوميكانيكية تعليميه لمهارة الركلة الخلفية الدائرية (موم دوليو تشاجي) قيد البحث من خلال نتائج التحليل البيوميكانيكي.
- تصميم دليل رقمي لمراحل الأداء للمهارة الركلة الخلفية الدائرية (موم دوليو تشاجي) قيد البحث.
- تصميم لمواصفات الأداء الفني للمهارة الركلة الخلفية الدائرية (موم دوليو تشاجي) قيد البحث.

التوصيات

في ضوء نتائج البحث يوصي الباحثين بالتالي:

١- استخدام المجسمات البيوميكانيكية ثلاثية الأبعاد لتعليم وتحسين مستوي أداء مهارة الركلة الخلفية الدائرية (موم دوليو تشاجي) لطالبات كلية التربية الرياضية.

٢- توجيه أعضاء هيئة التدريس لتصميم مجسمات بيوميكانيكية ثلاثية الأبعاد للمهارات المقررة في رياضة التخصص التايكوندو.

٣- توجيه المجسمات المصممة إلى العاملين في مجال التدريس والتدريب وذلك للاستفادة من هذه النماذج ونتائجها.

٤- الاهتمام بالتدريبات النوعية للمهارات المركبة التي تتطلب توازن ديناميكي ودورانات حول المحور المحور الرأسي لما لها من أهمية كبيرة في تحسين الأداء لرياضة التايكوندو.

٥- ضرورة عقد دورات وندوات تعليمية لأعضاء هيئة التدريس للتعريف بأهمية استخدام التقنيات والنماذج التعليمية ثلاثية الأبعاد للمعلمين والمدربين وللطالبات وكيفية استخدامها داخل الوحدات التعليمية.

٦- نشر ثقافة استخدام التقنيات التكنولوجية لدى طالبات وطلاب كلية التربية الرياضية والاستفادة منها.

المراجع

أولا المراجع العربية

١. **أحمد سعيد زهران (٢٠٠٥):** الطريق الأولمبي في رياضه التايكوندو- دار الكتاب المصري – الطبعة الثالثة.

٢. **أمال جابر متولي (٢٠٠٨م):** مبادئ الميكانيكا الحيوية وتطبيقاتها في المجال الرياضي – الطبعة الأولى– دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر – الإسكندرية.

٣. **أمين أنور الخولى، ضياء العزب (٢٠٠٩):** تكنولوجيا التعليم والتدريب الرياضي –الطبعة الأولى –

- دار الفكر العربي.

٤. **بدوى عبد العال، عصام الدين متولى، خالد عبد الحميد (٢٠٠٦):** علم الحركة و الميكانيكا الحيوية بين النظرية و التطبيق، دار الوفاء للطباعة و النشر.

٥. **جمال علاء الدين (١٩٩٥):** الأسس المترولوجية لتقويم مستوى الإعداد المهارى والخططى للرياضيين- دار الكتاب للنشر - الإسكندرية.

٦. **جمال علاء الدين، ناهد أنور الصباغ (٢٠٠٧):** علم الحركة - الطبعة التاسعة - دار الكتاب للنشر - الإسكندرية.

٧. **جمال احمد غالب عبد الله (٢٠١٤):** الخصائص الكينماتيكية لأداء ركله دوليو تشاجى في رياضة التايكوندو كأساس لوضع تدريبات نوعيه. بحث غير منشور كليه التربية الرياضية جامعه الحديدة - اليمن.

٨. **رشدي محمد إبراهيم: (٢٠١٢):** مبادئ وأساسيات البومزا في رياضة التايكوندو، دار المدينة، القاهرة.

٩. **سيد محمد المرسى:(٢٠٠٦):** تأثير بعض التدريبات الخاصة على تحسين قوة وسرعه أداء الركلات لدى ناشئ التايكوندو، رسالة ماجستير غير منشورة، كليه التربية الرياضية جامعه الإسكندرية.

١٠. **طلحة حسام الدين، محمد يحي غيدة، احمد طلحة (٢٠١٩):** بيوميكانيكا الجهاز الحركي (تطبيقات معمليه)، مركز الكتاب الحديث- القاهرة.

١١. **عبد الله محمد احمد (٢٠١٢):** التحليل الديناميكي لمهارة الركلة الخلفية الدائرية في رياضه التايكوندو بحث دكتوراة غير منشور كليه التربية الرياضية - جامعه حلوان.

١٢. **عصام الدين متولي، عبد الله عبد الحليم، رحاب عادل، أحمد طلحة (٢٠٢٠):** تكنولوجيا التعليم والتعلم - الطبعة الأولى - دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر -الإسكندرية.

١٣. **مازن احمد مروه (٢٠١٥):** البيوميكانيك في الرياضة- الطبعة الأولي.- دار الفارابي . بيروت . لبنان.

١٤. **مروان عبد المجيد إبراهيم، ايمان شاكر محمود (٢٠١٤):** التحليل الحركي البيوميكانيكي في مجالات التربية البدنية - الطبعة الأولي - دار الرضوان للنشر والتوزيع- عمان.

١٥. **مشيرة إبراهيم، احمد طلحة حسام الدين (٢٠١٨):** تأثير نماذج تعليميه ثلاثية الأبعاد على القدرة المكانية ومستوى أداء مهارة الشقلبة الأمامية السريعة على طاولة القفز - المجلة العلمية لعلوم وفنون الرياضة، عدد فبراير، الجزء الرابع، 107-2021-8460-1110 :ISSN

ثانيا المراجع الأجنبية:

16. **Gary Kamen, GrahamE.caldwell, Saumders. N,Whittlesey, (2004)** :Research

Methods in Biomechanics, Human Kinetics publisher: Champaign.

17. **Gheida, M., Talha, A. (2014)** :Biomechanical characteristics of left and right foot kicking during circular front kick in taekwondo (Comparative study), The scientific journal for sport sciences technology, Third year– First issue, pp. 122:132
18. **Miziara, I. M., da Silva, B. G., Marques, I. A., de Sá, A. A. R., Oliveira, I. M., Pereira, A. A., & Naves, E. L. M. (2019)**: Analysis of the biomechanical parameters of high-performance of the roundhouse kicks in Taekwondo athletes. Research on Biomedical Engineering, 35(3–4), 193–201. https://doi.org/10.1007/s42600-019-00022-1
19. **Muscolo, G. G., Caldwell, D., & Cannella, F (2017)**: Multibody biomechanical analysis of taekwondo athletes. In Proceedings of the 8th ECCOMAS Thematic Conference on MULTIBODY DYNAMICS 2017, MBD 2017 (Vol. 2017-Janua, pp. 799–804). Prague, Czech. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/316831038_Multibody_Biomechanic-al_Analysis_of_Taekwondo_Athletes
20. **Pujol, J., Blanco-Hinojo, L., Martínez-Vilavella, G., Canu-Martín, L., Pujol, A., Pérez-Sola, V., & Deus, J. (2019)**: Brain activity during traditional textbook and audiovisual-3D learning. Brain and Behavior, 9(10). https://doi.org/10.1002/brb3.1427
21. **Reisoğlu, I., Topu, B., Yılmaz, R., Karakuş Yılmaz, T., & Göktaş, Y. (2017)** :3D virtual learning environments in education: a meta-review. Asia Pacific Education Review, 18(1), 81–100. https://doi.org/10.1007/s12564-016-9467-0
22. **Scot Gerald Wohlin (1989)**: A Biomechanical Description of the Taekwondo turning Hook Kick, degree of Master of Science, Montana State University.
23. **Styfan Oyns (2003)**: Sports technology and the improvement of performance of athletes, department of sport science, university of stcullenonsh south Africa.
24. **Talha,A (2016)**: The Biomechanical Parameters For Designing Motor Skill`s 3D Educational Models, The international scientific Journal of physical education and sport sciences. Special issue, Vol (2), pp. 84:95.