التقييم الكمى للآداء المهارى لمتسابقى إطاحة المطرقة بأربعة متغيرات

*د/ مروى عبد القادر محمد صقر

الملخص:

كانت مسابقة إطاحة المطرقة ومازالت المسابقة الشيقة التي تمثل صعوبة التكنيك مع كبر مسافة الإنجاز. وبتقدم المستويات الرقمية وخاصة للسيدات وتركيب تكنيك إطاحة المطرقة، فوجب على المدربين أن يتعرفوا على نقاط الضعف الخاصة بكل رامى ووضع البرنامج التدريبى الفردى له والنموذج الذى يناسبه.

كما أن سرعة الأداء في إطاحة المطرقة دفع المدربين إلى ضرورة التعاون مع الباحثين في مجال الميكانيكا الحيوية لتحليل المتغيرات كميا لاكتشاف فجوات الأداء رقميا وهو الامر الذى لا يمكن أن تكتشفه عين المدرب إلا المحترف منهم. ولسرعة الأداء الفني للمطرقة في الثلاث مستويات وحول الثلاثة محاور وبسبب خطورة المسابقة ولضمان دقة النتائج وجب استخدام كاميرات كثيره وعلامات كثيرة على الجسم بغرض تحليل الأداء حركيا كميا وهذا هو المتبع في الأبحاث على المستوى الدولى.

ولذلك حاولت الباحثة في هذه الدراسة التحقق من إمكانية استخدام عدد ٥ علامات فقط للوصول لاهم المتغيرات المرتبطة مباشرة بفاعلية الأداء وتقيمها كميا للحكم على الأداء. وأوضحت مناقشة النتائج أنه يمكن الحكم على مستوى اللاعب في الأداء المهارى وبشكل كمى فقط عن طريق حساب أربعة متغيرات ميكانيكية.

* مدرس بقسم نظريات وتطبيقات العاب القوى– كلية التربية الرياضية جامعة مدينة السادات

المقدمة:

كانت مسابقة إطاحة المطرقة و مازالت المسابقة الشيقة التي تمثل صعوبة التكنيك مع كبر مسافة الإنجاز. فقد بلغ الرقم العالمى للسيدات (٨٢.٩٨ متر) عام ٢٠١٦ باسم أنيتا ولدارسكى. بينما بقى الرقم العالمى للرجال (٨٦.٧٤ متر) دون كسر منذ عام ١٩٨٦ باسم يورى سيديك.

وبتقدم المستويات الرقمية وخاصة للسيدات وتركيب تكنيك إطاحة المطرقة، فوجب على المدربين بتقدم مستوى الرامى أن يتعرف على نقاط الضعف الخاصة به دون غيره بالإضافة إلى وضع البرنامج التدريبى الفردى له والنموذج الذى يناسبه. كما أن سرعة الأداء في إطاحة المطرقة دفع المدربين إلى ضرورة التعاون مع الباحثين في مجال الميكانيكا الحيوية لتحليل المتغيرات كميا لاكتشاف فجوات الأداء رقميا و هو الامر الذى لا يمكن أن تكتشفه عين المدرب إلا المحترف منهم (Judge et al., 2008).

محاولات الباحثين تعددت على مر العقود لتصف المتغيرات الميكانيكية التي تحكم آداء إطاحة المطرقة سواء أثناء البطولات أو في جلسات تصوير خاصة أو أثناء التدريب. فى إطار محاولات لتفسير المتغيرات وتقسيم الأداء الحركى إلى مراحل لتقديم نصائح للاعبين والمدربين لزيادة مسافة الإطاحة وتحسين الأداء المهارى.

فقد تبنى الباحثون في بداية الامر الحديث عن المطرقة بتقسيم التكنيك الى ارتكازات فردية وزوجية في كل دوران بالإضافة إلى الدخول في الدوران ومرحلة الإطاحة. ومنذ عام ٢٠٠٧ تبنى مورفوشى تقسيما مختلفا لوصف المتغيرات على أساسه وتبعه بعده باحثون أخرون، وهو تقسيم الدورانات إلى نقاط عليا ونقاط سفلى للمطرقة بالإضافة أيضا إلى الدخول في الدوران ومرحلة الإطاحة.

تخللت هذه العقود محاولات بعض الباحثين للتنبؤ بالمستوى الرقمى سواء حسابيا أو إحصائيا أو عن طريق النمذجة. ولكنهم وجدوا أن معجزة الجسم البشرى الذى استطاع أن يؤدى هذا الأداء السريع المركب لا يمكن أن تحتويه معادلة نمذجة واحد (T.K.Karalis, 1991; Wang et al., 2016).

كل هذه المحاولات كانت تعتمد على التحليل الحركى باستخدام الكاميرات عالية الجودة و ذات التردد العالى المناسب لسرعة الأداء وزمنه. والعلامات الموضوعة على الجسم والتي لم تقل في معظم الدراسات عن ٢٢ علامة تبعا لنموذج هانافان Hanavan Model لتقسيم

أجزاء الجسم. ووصل في بعضها إلى ٣٦ علامة لتعقب جميع مفاصل الجسم بدقة عالية بشكل ثلاثى الأبعاد.

وبالرغم من دقة برامج التحليل الحركى وعلى رأسها برنامج SimiMotion إلا أن التحليل الحركى للمطرقة يتطلب مجهودا كبيرا حيث أن الحركة الدورانية التي تشبه القمع على جميع مستويات الحركة وحول الثلاث محاور تتطلب التحليل اليدوى للعلامات الذى يستغرق وقت طويل لضمان دقة البيانات.

ولذلك كانت هناك عدة محاولات للتوصل لأقوى المتغيرات تحكما و تأثيرا في الأداء حتى يمكن التنبؤ بباقى المتغيرات بالتبعية فيضمن الباحث او المدرب وجود تغذية راجعة مباشرة للاعب والمدرب بأقل مجهود وأقل عدد من العلامات الموضوعة على الجسم وذلك عن طريق دراسة الانحدار المتعدد والخطى لبعض المتغيرات الميكانيكية للحركة المطرقة واكتشاف ارتباطها بنفس المتغيرات لاجزاء جسم اللاعب (Brice et al., 2015; Okamoto1 et al., 2006; Sakr, 2012; Wang et al., 2015).

على الرغم من محدودية هذه الدراسات المتمثلة في قلة عدد المشتركين وعدم شمولها لجميع الفئات السنية من الرماه، وإنما بعض اللاعبين المتميزين وقليل من لاعبى الدرجة الأولى وأحيانا من طلاب الجامعات. إلا انهم يكادون يتفقون على بعض المتغيرات الهامة التي يمكن من خلالها الحكم على مهارة اللاعب واداءه في الملعب.

وهذه المتغيرات التي تبناها (يانج ٢٠٢٠) هي قوة الجذب المركزية للمطرقة وارتفاع الحوض عن الأرض وميل الجذع وارتفاع اليد. والمتغير ارتفاع اليد قد تم استبداله بارتفاع رأس المطرقة على المحول الرأسى.

وهنا وجبت الملاحظة ان هذه المتغيرات ليست للتنبؤ بمسافة الرمى وانما هي لتحديد نقاط الضعف في الأداء وتوجيه نظراللاعب والمدرب إليها بالقياس المباشر في الملعب والتغذية الراجعة الفورية. وسيتم تلخيص أهمية هذه المتغيرات سابقة الذكر بعينها للحكم على صحة الأداء المهارى.

ارتفاع المطرقة هو قيم إزاحة رأس المطرقة على المحور الرأسى. تمر المطرقة أثناء المسار بالنقاط العليا والسفلى والذى ينتج ميل مسار المطرقة والذى يؤهل لاطلاق المطرقة بالزاوية المناسبة والارتفاع المناسب في نهاية الدورانات في مرحلة الرمى. وينسب إليه باقى المتغيرات من ارتفاع وهبوط نقطة الحوض والشد في السلك الناتج من القوة الجاذبة المركزية

التي يؤثر بها اللاعب على المطرقة أثناء المسار الدورانى. بالنسبة للاعبين المتميزين تكون النقاط العليا والسفلى في جميع الدوران في مكان واحد ينسب إلى زوايا السمت (Murofushi et al., 2007) .

تعتمد قوة الشد في سلك المطرقة على كتلة المطرقة (m) طول نصف قطر المنحنى (r) والسرعة الزاوية (ω) (Murofushi et al., 2005) ، متمثلة في المعادلة التالية:

$$F = mr\omega^2$$

ونصف قطر الدوران مع السرعة الزاوية هما لحساب السرعة المماسية لرأس المطرقة. كما أن نصف قطر المنحنى ليس نصف قطر دائرة و إنما هو لحظى نظرا لأن مسار رأس المطرقة في الدورانات ليس منتظم. و بالتالى حساب نصف قطر المنحنى يتم من خلال المعادلة التالية :

$$r = \frac{v^3}{|a, v|}$$

وبالتالى فإن نصف قطر المنحنى اللحظى يعتمد في حسابه على كل من سرعة وعجلة رأس المطرقة اللحظية(Lee et al., 2000). و يتدرج الشد في السلك الناتج عن القوة الجاذبة المركزية تقدر ب ٨٠٠– ٩٠٠ نيوتن في حالة اللاعبين المتميزين عند بدء الدخول في الدوران ويزيد تدريجيا إلى أن يصل ٣٠٠٠ – ٣٥٠٠ نيوتن عند الرمى بينما تقل هذه القيم بانخفاض مستوى اللاعب حتى إنها لا تتعدى ٢٠٠٠نيوتن عند الرمى في حالة اللاعب الجامعى. وتظهر قمة الشد في السلك في كل دوران في النصف الثانى من كل دوران مزدوج و قبل بداية الارتكاز الفردى (Murofushi et al., 2007)

فمن الأهمية تدوير المطرقة حول محور الدوران بخفض مركز ثقل الجسم لزيادة تحكم اللاعب في المطرقة و الاستفادة من وزن جسمه في شدها لاتجاه الدوران وبالتالى زيادة سرعتها ولتسهيل الانتقال إلى مرحلة الارتكاز المزدوج ولذلك يعتبر وزن اللاعب ميزة عند الانتقاء (Bartonietz, 2000; Murofushi et al., 2007; Okamoto1 et al., 2006).

أما عن ارتفاع حوض اللاعب عن الأرض على المحور الرأسى يعتبر من المؤشرات الهامة على ثبات اللاعب واتزانه الحركى وخاصة إن تكاملت البيانات مع قوة الجذب

المركزية. حيث أن ارتفاع نقطة الحوض تحدث متزامنة على مرحلة الارتكاز المزدوج والتي يحاول فيها اللاعب زيادة تسارع المطرقة.

يذكر "**وتو**"(١٩٩٢) بدراسته لصاحب الرقم العالمى في إطاحة المطرقة أن الحوض يرتفع أثناء مراحل الارتكاز المزدوج خاصة بعد النقطة السفلى للمطرقة ويهبط أثناء مراحل الارتكاز الفردى خاصة بعد النقطة العليا للمطرقة. أي ان النقطتين يسيران عكسيا.

وأنه وجد أن مسار النقطتين (الحوض ورأس المطرقة) بالنسبة للاعبين الأقل إنجازا من ٧٠م واللاعبين المبتدئين يسيران في نفس الاتجاه صعودا وهبوطا أي أنهما يعلون معا ويهبطان معا (Murofushi et al., 2007).

يلخص جهد اللاعب في مرحلة جذب المطرقة ميل جذع اللاعب نسبة للمستوى الأفقى (س ص) كما أن هذا المتغير يوضح مقدار التأثيرعلى المطرقة بوزن الجسم لزيادة تسارعها. حيث إمالة الظهر للخلف أثناء شد المطرقة خلال الارتكاز الزوجى و مرور المطرقة بالنقطة السفلى مهم في تحقيق الاتزان بين اللاعب والمطرقة.

كما يعتبر ظهور اكثر من قمة في منحنى ميل الجذع في الدوران الواحد دليل على ضعف التوافق وكذلك ضعف عضلات الرجلين والجذع (Wan et al., 2020).

ويظهر جليا في الربع الأخير من الدوران الأخير او مرحلة الاستعداد للاطلاق ومرحلة اطلاق المطرقة ميل الجذع للخلف حيث ينقل اللاعب الطاقة الحركية من الرجلين للجذع ثم المطرقة مع زيادة التسارع ومحاولة زيادة نصف قطر الدوران (Bartonietz, 2000). وتم حسابة عن طريق معادلة ميل المستقيم على المستوى الافقى ومقلوب جيب تمام الناتج للحصول على الزاوية .

مشكلة البحث:

ومن خلال خبرة الباحثة في مجال التحليل الحركى في إطاحة المطرقة في مرحلة الماجستير والدكتوراه وأبحاث ما بعد الدكتوراه والتي تعتمد على دراسة المتغيرات الميكانيكية لأداء إطاحة المطرقة، ومع خطورة المسابقة التي تتطلب التصوير من على بعد واللاعب ملتزم بالرمى في القفص أو تجاه شبكة، مما يعيق وضع كاميرات ويؤدى لعدم استطاعة ضبط الزوايا المناسبة بين الكاميرات (٦٠- ١٢٠ درجة) والتي بدورها عامل من عوامل الحكم على دقة البيانات ثلاثية الابعاد.

تبين أنه مازالت هناك صعوبة في عملية التحليل الحركى لتكنيك إطاحة المطرقة بهدف الحصول على متغيرات كيناتيكية و أنه بالرغم من التطور المستمر في برنامج Simi Motion، إلا أن العمل اليدوى يغلب على التحليل و خاصة باستخدام عدد لا يقل عن ٦ من الكاميرات ذات التردد العالى الذى يصل الى ٣٠٠ كادر/ث. لذلك كان هدف هذه الدراسة التثبت من إمكانية الحكم على تكنيك لاعبين مبتدئين من خلال هذه المتغيرات الأربعة بشكل كمى، إمكانية الوصول لنتائج عملية تهم المدرب بدون اللجوء إلى اختصار عمل الجسم في مسار مركز ثقله.

الأمر الذى يعتبر مضلل في مسابقة إطاحة المطرقة نتيجة لوجود نصف قطر دوران طويل يجبر على انشاء نقطة محور دوران مشترك. ولذا كان هدف البحث هو الاقتصار في التقييم الكمى للآداء المهارى لمتسابقى إطاحة المطرقة على أربعة متغيرات فقط عملية يمكن أن يشجع على إجراء المزيد من الدراسات على لاعبي ولاعبات إطاحة المطرقة المصريين نتيجة تقليل صعوبة إجراءات التحليل الحركى والاكتفاء ببضع علامات على الجسم وتقليل عدد الكاميرات المستخدمة لتغطية الأداء اثناء التحليل الحركى. وبالتالى الخروج بنتائج سريعة ودقيقة في نفس الوقت يمكن للاعب و المدرب الاستفادة منها عمليا.

هدف البحث :

الاقتصار في التقييم الكمى للآداء المهارى لمتسابقى إطاحة المطرقة على أربعة متغيرات.

تساؤلات البحث :

هل الأربعة متغيرات كافية للتقيم الكمى للأداء المهارى لمتسابقى إطاحة المطرقة؟

إجراءات البحث:

المنهج :

المنهج الوصفى هو المناسب لطريقة تحقيق هدف البحث.

العينة:

تم اختيار العينة بالطريقة العمدية بناءا على موافقة مدربة إطاحة المطرقة بنادى LG Stadtwerk München في مدينة ميونخ بألمانيا . حيث تم تصوير اللاعبين فى شهر إبريل ٢٠٢٠ (بعد الاغلاق التام بسبب جائحة كورونا). تم تصوير خمس لاعبين ولاعبات عمرهم التدريبى بين سنة و ٥ سنوات. عند تحليل الأداء حركيا ولاسباب تقنية تم استبعاد تحليل اثنين

ليبقى ثلاثة من المبتدئين في اطاحة المطرقة يوضح جدول (١) توصيفهم وقت إجراء التجربة. واختيار فئات سنية أو أعمار تدريبية مختلفة يفيد البحث حيث أنه وصفى ويمكن أن يثبت صلاحية الاعتماد على المتغيرات الأربعة للتقيمم الكمى لاداء إطاحة المطرقة مع اختلاف الفئة السنية أو العمر التدريبى.

جدول (١)

توصيف عينة البحث

العينة	الفئة العمرية	الطول سم	الوزن كجم	الإنجاز الرقمى متر	وزن المطرقة المستخدمة التجربة (كجم)
١	تحت١٧ ناشئ	١٨١	٧٨	٢٩.١٠ م (٢٠٢٠) وزن المطرقة (٥كجم)	٤.٨٨٠
٢	تحت ١٥ ناشئة	١٧٠	٧٠	٤٣,٤٠ م (٢٠٢٠) وزن المطرقة (٣كجم)	٣.٩٦٠
٤	تحت ١٢ طفلة	١٥٧	٥٣	٤٣.٧٤ م (٢٠٢٠) وزن المطرقة (٢كجم)	٢

تجربة البحث :

تم التصوير في جلسة خاصة في إبريل ٢٠٢٠ بالصالة الرياضية لكلية الرياضة جامعة ميونخ للتكنولوجيا يوم ٢٦ إبريل ٢٠٢٠ (بعد نهاية فترة الاغلاق المتصل بسبب كرونا). حيث يوجد شبكة محيطة بدائرة الرمى داخل الصالة المغطاه. نظام التحليل الحركى الخاص بمعهد هندسة الأدوات والمواد الرياضية بنفس الجامعة ويتضمن ٨ كاميرات عالية الجودة بتردد ٣٠٠ كادر/ث. تتصل كلها بجهاز الحاسب حيث يتم التحكم فيها والتزامن في بداية التصوير بتوصيلها جميعا بجهاز الحاسب المنصب عليه برنامج Simi Motion®، وبالتالى فإنه تم تلاشى خطأ التزامن بين بداية التقاط الكادرات مما يزيد من دقة النتائج. استخدمت علامات على الجسم تبعا لبروتوكول العمل بالبرنامج أيضا لضمان استخراج النتائج كاملة إلا ان العلامات الداخلية في مفاصل الرجل والذراع لم توضع نظرا لطبيعة الأداء الذى لم يكن يدعم ثبات هذه العلامات مع الدورانات وكذلك لعدم تشتيت انتباه اللاعبين بضرورة

الحفاظ على العلامات في مكانها مما كان سيؤدى إلى قصور الأداء المهارى عن المعتاد بالنسبة لهم.

تم استخدام بعض العلامات فقط في التحليل لهذه الدراسة (اليد اليسرى، الفقرة العنقية الأخيرة والفقرة العجزية الأخيرة، رأس المطرقة، علامة على الرجل اليمنى)، وهذه العلامات تناسب اللاعب الأيمن وقد كان جميعهم كذلك.

سمح لكل مشترك بأداء ثلاث محاولات فأكثر ثم تم اختيار افضل محاولة من حيث التكنيك والثبات أثناء التخلص من المطرقة. وزن المطارق البديلة المستخدمة في الرمى كما في جدول توصيف العينة.

الأدوات المستخدمة في البحث:

ميزان رقمى– مسطرة قياس الاطوال– ٨ كاميرات تصوير– مطارق مختلفة الأوزان تبعا للمرحلة السنية – جهازين حاسب ألى مثبت عليهما برنامج التحليل الحركى– نظام معايرة خاص ببرنامج التحليل الحركى– علامات عاكسة توضع على مفاصل الجسم وهي كرات صغيرة من الفوم مغلفة بالشريط العاكس – دائرة الرمى المحاطة بالشباك.

المعالجات الحسابية للمتغيرات الكمية:

استخدم برنامج اكسيل لحساب المتغيرات . لم يتم حساب متوسطات حيث أنها ستكون خادعة بناءا على تباين مستوى المشاركين بالإضافة إلى هدف البحث في التقييم الفردى للاعبين ومقارنته باللاعبين ذوى المستوى العالى.

عرض ومناقشة النتائج :

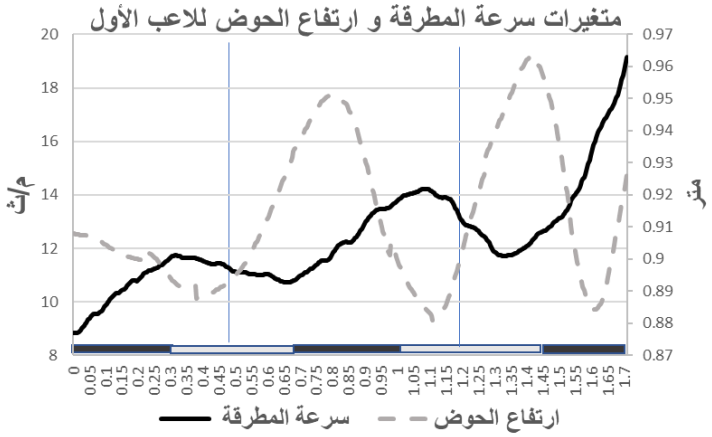
ستتم مناقشة النتائج لكل لاعب أو لاعبة وستتم مناقشة النتائج الكمية للأربعة متغيرات المشار إليها سابقا.

أولاً: عرض ومناقشة نتائج المتغيرات الكمية لاداء إطاحة المطرقة للاعب الأول

يشير شكل (١) إلى أن مرحلة الارتكاز الفردى للاعب أكبر من الارتكاز المزدوج في الدورانين، يشير أيضا إلى تزامن النقاط العليا للمطرقة، والمتمثلة في الخطوط الرأسية المتقاطعة مع مرحلة الارتكاز الفردى في جميع الاشكال البيانية، مع قبل منتصف مرحلة الارتكاز الفردى أي أنها مبكرة.

وهذا عكس الموصى به تبعا للتحليل الزمنى لاداء المطرقة وأنه يجب أن يزيد زمن الارتكاز المزدوج حيث تطبيق قوة اكبر للتسارع واتزان أفضل عنه في الارتكاز الفردى

(Babbitt, 2003; Bartonietz, K., 1997; Manuel et al., 2002; Murofushi et al., 2007; Sakr, 2012).



شكل (١)

متغيرات سرعة المطرقة وارتفاع الحوض للاعب الأول ،يظهر في الرسم البيانى خط مقسم فوق محور س يبين مراحل الارتكاز الفردى (رصاصى) والمزدوج (الاسود) و خطان عموديان يشيران إلى النقطة العليا للمطرقة

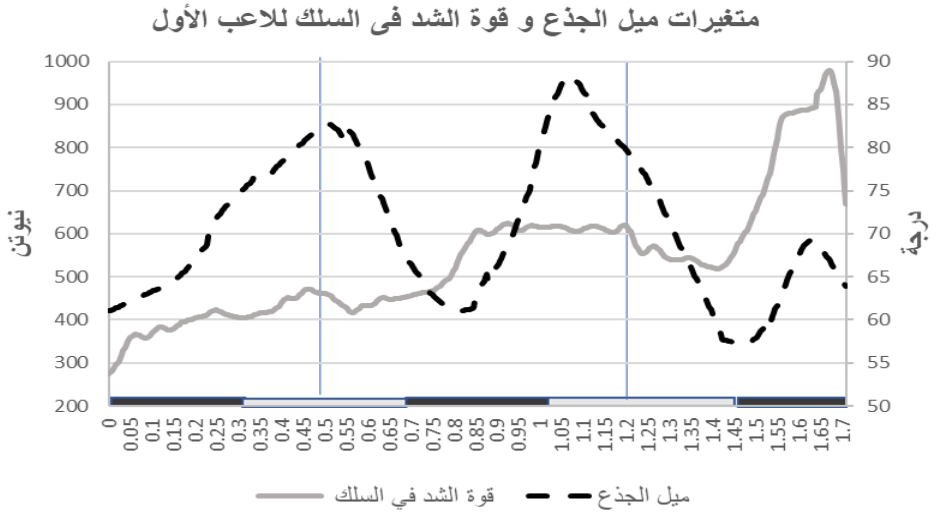
بالنسبة لسرعة المطرقة فهى تسير بقيم متزايد من دوران للاخر (شكل ٢ب). بدأ بسرعة ٨م/ث وانتهت ١٩م/ث لحظة الاطلاق. هذه القيم تبتعد كثيرا عن مستويات تحقيق أكثر من ٧٠ م مسافة رمى (Manuel et al., 2002; Murofushi et al., 2007).

ولكن ما يهمنا هو الحكم على صلاحية التكنيك. و تتزامن فترة تسارع المطرقة مع مرحلة الارتكاز المزدوج ماعدا في الدوران الأخير بدأ بالتزايد بعد النقطة العليا للمطرقة و هذه نقطة قوة في أداء اللاعب حيث تمكن من إطالة مسار التسارع قبل لحظة الانطلاق.

أما متغير ارتفاع الحوض فيتراوح بين ٠.٨٨ م و٠.٩٦م حيث يبدأ الدخول في الدوران بارتفاع حوض ٠.٩٠م بينما يصل لعدم الفرد الكامل لحظة التخلص فيصل الارتفاع إلى ٠.٩٣م.

كما نلاحظ تزامن قمة ارتفاع نقطة الحوض في الدوران الأول بعد بداية الارتكاز المزدوج بينما في الدوران الثانى لم يستطع اللاعب التوافق فكان اعلى ارتفاع للحوض أثناء نهاية الارتكاز الفردى وقبل الدخول في المزدوج الثانى.

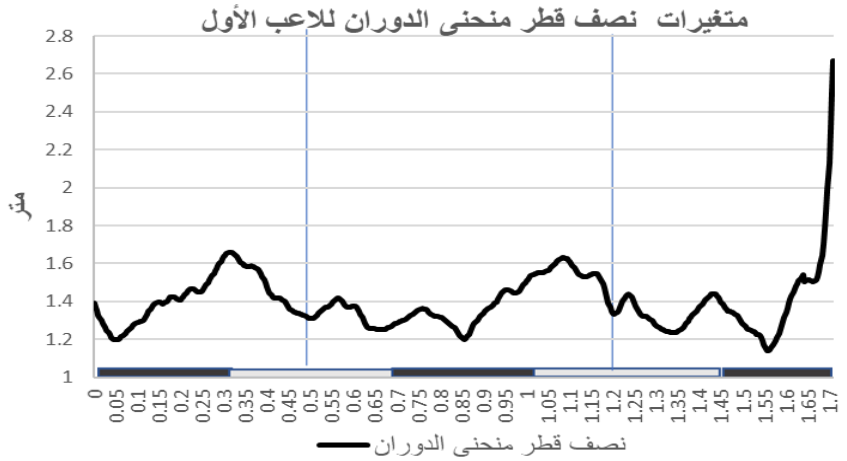
بالنسبة لميل الجذع فيشير شكل (٢) إلى تراوح درجة ميل الجذع بين (٥٦ و ٨٩ درجة) مع المستوى الرأسى. تتزامن استقامة الجذع (تقترب من ٩٠ درجة) مع النقطة العليا. ونلاحظ أن درجة ميل الجذع بلغ في الدوران الأول ٨٥ درجة مع المستوى الأفقى ولكنه استقام مبكرا قبل الوصول الى النقطة العليا للمطرقة في الدوران الثانى حيث وصل تقريبا ٩٠ درجة مع المستوى الأفقى.



شكل (٢)

متغيرات درجة ميل الجذع وقوة الشد فى السلك للاعب الأول ،يظهر في الرسم البيانى خط مقسم فوق محور س يبين مراحل الارتكاز الفردى(رصاصى) و المزدوج (الاسود) و خطان عموديان يشيران إلى النقطة العليا للمطرقة

وبالنسبة لقوة الشد في السلك فيتضح من (شكل ٢) أن قيم قوة الشد في السلك تتراوح بين (٢٠٠– ٩٩٠ نيوتن) والتي ترتبط بكل من السرعة الزاوية ونصف قطر الدوران (شكل ٣)، تزداد قيم قوة الشد في السلك متزامنه مع تزايد سرعة المطرقة أكثر منه في فترات تزايد نصف قطر منحنى الدوران وتأخذ قيمها العليا قبل الرمى مباشرة. وأن الزيادة في نصف قطر الدوران لايتعدى ٠.٢م فرق بين القمة والقاع في الشكل البيانى بينما الزياده في السرعة ٨م/ث .



شكل (٣)

متغير نصف قطر منحنى الدوران للاعب الأول ،يظهر في الرسم البيانى خط مقسم فوق محور س يبين مراحل الارتكاز الفردى(رصاصى) و المزدوج (الاسود) و خطان عموديان يشيران إلى النقطة العليا للمطرقة

بهذا يتضح أن اللاعب قد بدأ تعلم أداء الدوران الثانى حديثا وبالتالى فتوافق الأداء في الدوران الثانى أقل منه في الدوران الأول كما يبدو أيضا من عدم اتفاق أزمنة الارتكاز الفردى والمزدوج مع الموصى به من ضرورة إطالة زمن الارتكاز المزدوج عن الفردى (Bartonietz, K., 1997; Bartonietz, 2000; Manuel et al., 2002).

ولأن ارتفاع نقطة الحوض تحدث متزامنة على مرحلة الارتكاز المزدوج والتي يحاول فيها اللاعب زيادة تسارع المطرقة يمثل نقطة ضعف في الأداء وكذلك تعجل اللاعب الوصول للنقطة العليا للمطرقة في الدوران الثانى لم يمكنه من التحكم في جسمه حيث اضطر للوقوف مبكرا قبل بداية الارتكاز المزدوج الثانى.

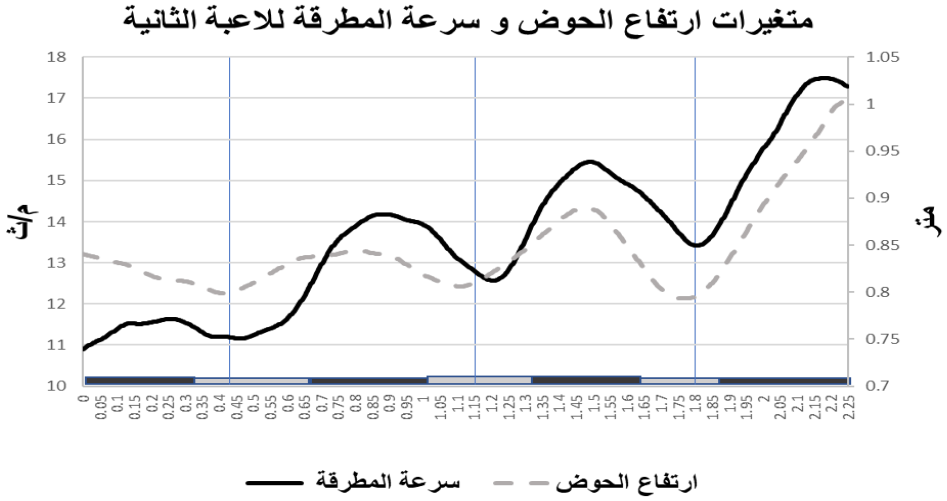
وبالرغم مما سبق ومن صغر قيم المتغيرات مثل سرعة المطرقة، التي تصل ل ٢٧م/ث لحظة الرمى. وكذلك قوة الشد في السلك مقارنة بالمستويات العليا التي تتراوح بين ٥٠٠ نيوتن و ٢٥٠٠ نيوتن (Brice et al., 2008, 2015; Murofushi et al., 2005, 2007; Okamoto1 et al., 2006; Wang et al., 2016)،

إلا أن الأداء المهارى للاعب بشكل عام في اتجاه الوصف بأنه صحيح تحسين التوافق في الدوران الثانى وخاصة اتفاع الحوض والمد الكامل لحظة الإطاحة. كذلك يحتاج اللاعب

العمل على زيادة سرعة الدوران مع زيادة نصف قطر الدوران حتى يمكنه تطوير مستواه الرقمى.

ثانياً: عرض ومناقشة نتائج المتغيرات الكمية لاداء إطاحة المطرقة للاعبة الثانية

بالنسبة لسرعة المطرقة فهى تسير بقيم متزايد من دوران للاخر (شكل ٤). بدأت بسرعة ١١م/ث وانتهت ١٧.٥م/ث لحظة الاطلاق. ويحدث تناقص في سرعة المطرقة في كل دوران بداية من منتثف مرحلة الارتكاز الفردى وتبدأ القيم في الزيادة عقب المرور بالنقطة العليا للمطرقة.



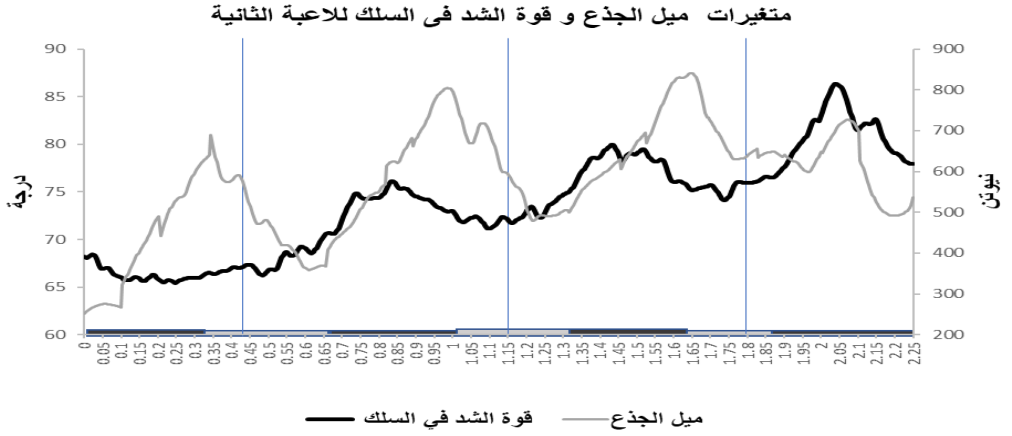
شكل (٤)

متغيرات ارتفاع الحوض و سرعة المطرقة للاعبة الثانية ، يظهر فى كل رسم بيانى خط مقسم فوق محور س يبين مراحل الارتكاز الفردى (رصاصى) والمزدوج (الاسود) وخطان عموديان يشيران إلى النقطة العليا للمطرقة

بالنسبة لارتفاع الحوض فإن القيم تتراوح بين (٠.٧٨ م – ١م) أي المد الكامل للجسم لحظة الإطاحة. وتتزامن مراحل انخفاض ارتفاع الحوض اى خفض الجسم لأسف قبل النقطة العليا في كل دوران (شكل ٤).

ويبين شكل (٥) أن قيم قوة الشد في السلك تتزايد تدريجيا من دوران لأخر بنفس منحى ازدياد السرعة (شكل ٤) وتتراوح القيم بين (٣٥٠– ٨٣٠ نيوتن) وأن مرحلة الزيادة

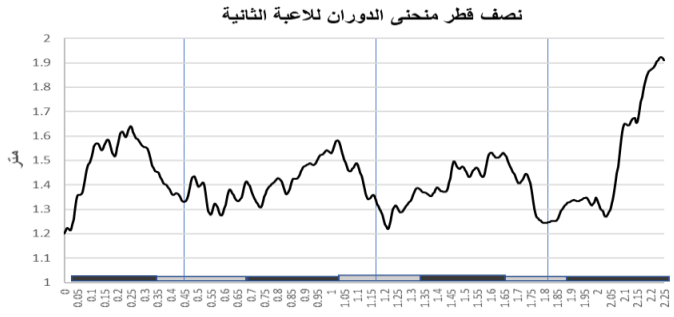
تعقب النقطة العليا للمطرقة. كما يتضح من شكل (٥) درجات ميل الجذع والتي تتراوح بين (٦٣– ٨٨ درجة) وتزامن اقصى استقامة للجذع في مرحلة الارتكاز المزدود بعيدا عن النقاط العليا للمطرقة. وتصل ميل الجذع ل ٧٥ درجة لحظة الإطاحة.



شكل (٥)

متغيرات ميل الجذع وقوة الشد فى السلك للاعبة الثانية ،يظهر فى كل رسم بيانى خط مقسم فوق محور س يبين مراحل الارتكاز الفردى (رصاصى) والمزدوج (الاسود) وخطان عموديان يشيران إلى النقطة العليا للمطرقة

ويوضح شكل (٦) نصف قطر منحنى الدوران قيم بين (١.٢م– ١.٩٥م) و التي تظهر في شكل ٣ منحنيات تصل قمتها لحظة الإطاحة و تزداد دائما بعد المرور بالنقطة العليا للمطرقة.



شكل (٦)

متغير نصف قطر منحنى الدوران للاعبة الثانية ،يظهر فى كل رسم بيانى خط مقسم فوق محور س يبين مراحل الارتكاز الفردى (رصاصى) والمزدوج (الاسود) وخطان عموديان يشيران إلى النقطة العليا للمطرقة

بالنسبة لسرعة المطرقة فهى تسير بقيم متزايد من دوران للاخر. بدأ بسرعة ١١م/ث وانتهت ١٧.٥م/ث لحظة الاطلاق. هذه القيم تبتعد كثيرا عن مستويات تحقيق أكثر من ٧٠ م مسافة رمى (Manuel et al., 2002; Murofushi et al., 2007). بل أن هذا المدى أقل من التزايد في السرعة الذى حققه اللاعب الأول بالرغم من اعتماده على دورانين اثنين فقط في مقابل ٣ دورانات ادتها اللاعبة الثانية. وتتزامن فترة تسارع المطرقة مع مراحل الارتكاز المزدوج أي بعد النقطة العليا وقت كبير.

وهذه فجوة يجب على اللاعبة تداركها حيث يحدث التسارع بمجرد وضع القدم على الأرض وبعد النقطة العليا مباشرة. وهو ما فعلته اللاعبة في الدوران الأخير وقبل الإطاحة .هذه نقطة قوة في أداء اللاعبة حيث تمكنت من إطالة مسار التسارع قبل لحظة الانطلاق (Bartonietz, K., 1997; Bartonietz, 2000; Manuel et al., 2002; Murofushi et .al., 2005)

تظهر من الرسوم البيانية أن مرحلة الارتكاز المزدوج للاعبة أطول من الارتكاز الفردى وهذا يتماشى مع الموصى به تبعا للتحليل الزمنى لاداء المطرقة وأنه يجب أن يزيد زمن الارتكاز المزدوج حيث تطبيق قوة اكبر للتسارع واتزان أفضل عنه في الارتكاز الفردى (Babbitt, 2003; Bartonietz, K., 1997; Manuel et al., 2002; Murofushi et .al., 2007; Sakr, 2012)

ويبين شكل (٤) أن النقاط العليا للمطرقة في الدورانات الثلاثة لا تحدث في نفس الموضع في كل دوران. وهذا يظهر عدم ثبات للاداء. نلاحظ أن اقصى ارتفاع يصله الحوض يتزامن مع النقطة المنخفضة لرأس المطرقة والعكس بالعكس أي ان النقطة الأقل انخفاضا لارتفاع الحوض تتزامن مع النقطة العليا للمطرقة وهذه نقطة قوة تبعا لحليل أوتو (٢٠٠٠) ومورفوشى (٢٠٠٧).

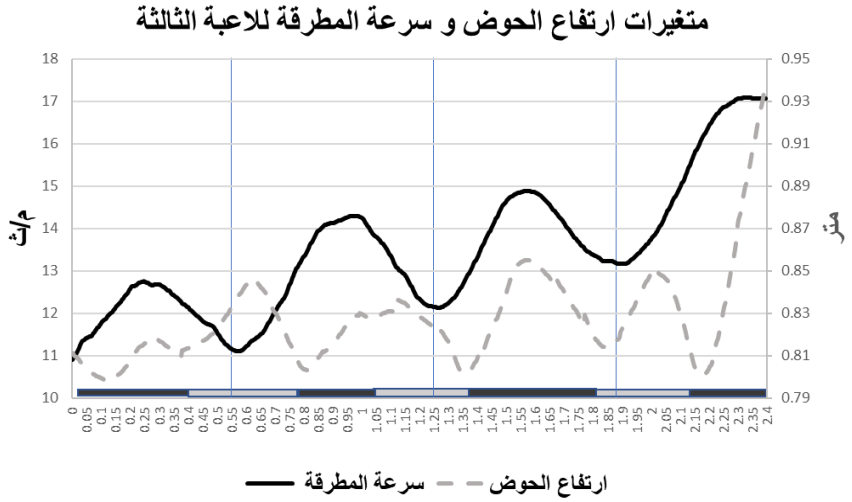
نجد أيضا أن قوة الشد فى السلك (شكل ٥) والتي ترتبط بكل من السرع الزاوية ونصف قطر الدوران (شكل ٦)، تزداد متزامنه مع تزايد سرعة المطرقة وكذلك مع فترات تزايد نصف قطر منحنى الدوران وتأخذ قيمها العليا قبل الرمى مباشرة. والزيادة في نصف قطر الدوران يتراوح بين ٤٠– ٥٠ سم فرق بين القمة و القاع وحدوث الزيادة بعد المرور بالنقطة العليا يوضح أن اللاعبة تعمل على التأثير بقوة اكبر على المطرقة لزيادة سرعتها في هذه المرحلة.

وهذه نقطة قوة لدى اللاعبة إلا أنها إن عملت على تحسين التزامن بين إطالة نصف قطر الدوران مع شد المطرقة لانتجت سرعة أكبر. وبالرغم من هذا ومن صغر قيم المتغيرات مقارنة بالمستويات العليا ومنها الشد في السلك الذى تراوح بين ٤٠٠ نيوتن و٨٠٠ نيوتن بينما في المستويات العليا يتروح بين ٥٠٠ نيوتن و ٢٥٠٠ نيوتن (Brice et al., 2008, 2015; Murofushi et al., 2005, 2007; Okamoto1 et al., 2006; Wang et al., 2016)،

إلا أن الأداء المهارى للاعبة بشكل على المسار الصحيح و لكنه يحتاج لتحكم أكبر في المطرقة و تزايد في التسارع حتى لحظة الانطلاق حتى لا يحدث تناقص في سرعة المطرقة بالرغم من زيادة طول نصف قطر الدوران و لكنه يحدث بزيادة ميل الجذع في نهاية الأداء عند الإطاحة.

ثالثاً: عرض ومناقشة نتائج المتغيرات الكمية لاداء إطاحة المطرقة للاعبة الثالثة

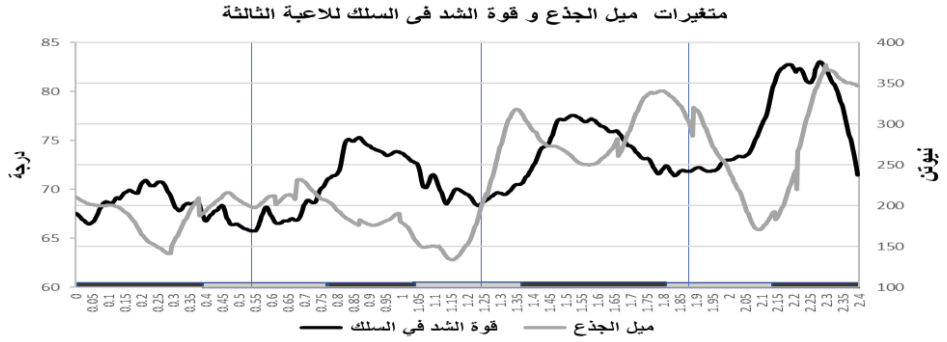
يوضح شكل (٧) أن سرعة المطرقة تتزايد من دوران للاخر، حيث بدأت بسرعة ١١م/ث عند الدخول في الدوران وانتهت ١٧م/ث لحظة الإطاحة. وتتراوح قيم ارتفاع الحوض بين (٠.٨ –٠.٩٣ م) وتصل اقصى قمية عند الإطاحة.



شكل (٧)

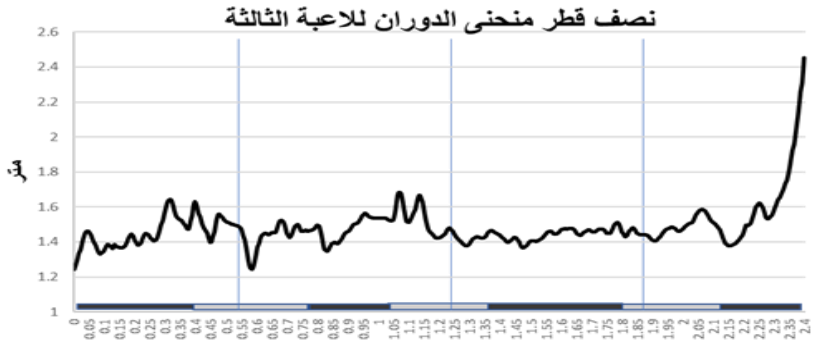
متغيرات ارتفاع الحوض و سرعة المطرقة للاعبة الثالثة ،يظهر فى كل رسم بيانى خط مقسم فوق محور س يبين مراحل الارتكاز الفردى(رصاصى) و المزدوج (الاسود) و خطان عموديان يشيران إلى النقطة العليا للمطرقة

أما بالنسبة لقيم ميل جذع اللاعبة فهى أيضا لا تتخذ منحى واحد في جميع الدورانات ونلاحظ في شكل (٨) أنه يوجد قمتين أثناء الارتكاز المزدوج الثانى بفارق ٧ درجات ولا يبدو أن اللاعبة استخدمت ميل الجذع في زيادة طول نصف قطر الدوران حيث يبدو الشكل (٩) بدون فارق واضح بين بداية الدورانات حتى قبل مرحلة الاعداد للإطاحة كما في حالة اللاعبة الثانية . إلا أنه يبدو أن هناك اتساع في نصف قطر دوران جسم اللاعبة والذى يمكن ملاحظته من اتساع الفارق بين قمة المنحنى وقاعه في كل دوران وهذه نقطة ضعف لدى اللاعبة.



شكل (٨)

متغيرات ميل الجذع و قوة الشد فى السلك للاعبة الثالثة ،يظهر فى كل رسم بيانى خط مقسم فوق محور س يبين مراحل الارتكاز الفردى(رصاصى) و المزدوج (الاسود) و خطان عموديان يشيران إلى النقطة العليا للمطرقة



شكل (٩)

نصف قطر منحنى الدوران للاعبة الثالثة ،يظهر فى كل رسم بيانى خط مقسم فوق محور س يبين مراحل الارتكاز الفردى (رصاصى) والمزدوج (الاسود) وخطان عموديان يشيران إلى النقطة العليا للمطرقة

بالنسبة لسرعة المطرقة فهى تسير بقيم متزايد من دوران للاخر (شكل ٧). بدأ بسرعة ١١م/ث وانتهت ١٧م/ث لحظة الاطلاق. هذه القيم تبتعد كثيرا عن مستويات تحقيق أكثر من ٧٠ م مسافة رمى (Manuel et al., 2002; Murofushi et al., 2007). بل أن هذا المدى أقل من التزايد في السرعة الذى حققه اللاعب الأول بالرغم من اعتماده على دورانين اثنين فقط في مقابل ٣ دورانات ادتها اللاعبة الثالثة. كما انها تستخدم مطرقة وزنها ٢ كجم المناسبة لسنها.

ولكن في حالة هذه اللاعبة فهو يعتبر تميز حيث استطاعت أداء ٣ دوانات و عملت على زيادة تسارع المطرقة من دوران للاخر. و تتزامن فترة تسارع المطرقة مع النصف الأول من مراحل الارتكاز المزدوج أي بعد المرور بالنقطة العليا لرأس المطرقة. و أيضا كان اكبر مقدار للتسارع بعد النقطة العليا الثالثة حتى لحظة التخلص ، وهذه نقطة قوة في أداء اللاعبة (Bartonietz, K., 1997; Bartonietz, 2000; Manuel et al., 2002; Murofushi et al., 2005).

كما يظهر أن توقيت وصول الحوض لاقصى ارتفاع غير ثابت أثناء الدورانات فهو يسير في اتجاه العلاقة الصحيحة في الدوران الأول و ربما الثالث و لكنه غير منتظم في الدوران الثانى . وهذه نقطة ضعف تبعا لحليل أوتو (٢٠٠٠) و مورفوشى (٢٠٠٧). و لكن وصول اللاعبة لاقصى ارتفاع لحظة الإطاحة يعكس فهمها لمحاولة زيادة ارتفاع نقطة الانطلاق وهذه نقطة إيجابية وخاصة ان معدل التغير حوالى ١٤ سم في الرمى.

نجد أيضا أن القوة الجاذبة المركزية التي تتضح في الشد في السلك (٨) والتي ترتبط بكل من السرع الزاوية ونصف قطر الدوران (شكل ٩)، تزداد متزامنه مع تزايد سرعة المطرقة و لا تعتمد على زيادة نصف قطر الدوران حيث أنه يبقى متذبذبا و لا تحدث له طفرة الا في الاعداد للرمى. و هذه نقطة ضعف لدى اللاعبة إلا أنه إن عملت على تحسين التزامن بين إطالة نصف قطر الدوران مع شد المطرقة لانتجت سرعة أكبر. و لذلك تراوحت قيمة الشد في السلك بين ١٧٠ نيوتن و ٣٧٠ نيوتن بينما في المستويات العليا يتروح بين ٥٠٠ نيوتن و ٢٥٠٠ نيوتن (Brice et al., 2008, 2015; Murofushi et al., 2005, 2007; Okamoto1 et al., 2006; Wang et al., 2016)،

إلا أنه مع اعتبار كتلة المطرقة المستخدمة ٢ كجم في حالة هذه اللاعبة صغيرة السن فإن تزامن المتغيرات مع النقاط العليا و السفلى للمطرقة جيد إلا أن المتغيرات الميكانيكية مثل

السرعة ونصف قطر الدوران يحتاجان إلى تحسين و كذلك يجب عليها الالتفات لميل الجذع و استخدامه في جذب المطرقة للتأثير عليها بمزيد من القوة لانتاج سرعة أكبر .

تظهر من الرسوم البيانية في شكل (٧) ان مراحل الارتكاز المزدوج للاعبة تقصر عن أو تتساوى مع مراحل الارتكاز الفردى في الدورانات الثلاثة و هذا لا يتفق مع الموصى به تبعا للتحليل الزمنى لاداء المطرقة و أنه يجب أن يزيد زمن الارتكاز المزدوج حيث تطبيق قوة اكبر للتسارع و اتزان أفضل عنه في الارتكاز الفردى. ويبين شكل (٧) أن النقاط العليا للمطرقة في الدورانات الثلاثة لا تحدث في نفس الموضع في كل دوران . بل و حدثت مبكره جدا في الدوران الأخير مباشرة عقب ترك القدم للأرض في الارتكاز الفردى و هذا على خلاف ما أوصى به كل من . (Babbitt, 2003; Bartonietz, K., 1997; Manuel et al., 2002; Murofushi et al., 2007; Sakr, 2012). و هو مما يدل على عدم ثبات الأداء المهارى.

الاستخلاصات:

من خلال الاشكال البيانية والمتغيرات الميكانيكية الأربعة اتضح أنه يمكن تقييم أداء إطاحة المطرقة بل والتعرف على نقاط الضعف، وهذه المتغيرات الأربعة مرتبطة بسلامة الأداء المهارى ومعرفة منتج العمل البدنى والمهارى أثناء الدورانات وحتى لحظة التخلص. فمن خلال عرض مواضع النقاط العليا للمطرقة ونسبة متغيرات الشد في السلك وارتفاع الحوض وميل الجذع وربطهم مع المنتج و هو سرعة رأس المطرقة كان من الواضح معرفة نقاط الضعف وإمكانية التوجيه الدقيق لتحسين نقاط الضعف في التكنيك بأسلوب كمى كما تبين من مناقشة نتائج اللاعبين الثلاثة.

وبذلك فإنه يمكن تبسيط عملية التحليل الحركى بالاكتفاء بخمس علامات جسمية (رأس المطرقة، اليد اليسرى للاعب الأيمن، أول الفقرات الصدرية، أول الفقرات العصعصية) بدلا من الجسم كاملا تبعا لبروتوكول كل برنامج تحليل حركى. وبذلك يمكن تقليل عدد الكاميرات المستخدمة مع ضمان الحصول على بيانات دقيقة.

((المراجـــــــــع))

1- Babbitt, D. (2003). Hammer. In L. J. Silvester (Ed.), Complete book of throws (pp. 131–155). Human Kinetics. https://books.google.com.eg/books?id=J9M4dfg3HDsC&

pg=PR2&lpg=PR2&dq=Complete+Book+of+Throws,+Human+Kinetics&source=bl&ots=iA1KuSl2_r&sig=tlXtMwIOgRfbGi9JonRPFq1fPMo&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjQ9oe0wtvbAhWQEVAKHZP_AlQQ6AEIRjAF#v=onepage&q=Complete%2520Book%252

2- Bartonietz, K., et al. (1997). Characteristics of top performances in the women's hammer throw: Basics and technique of the world's best athletes. New Studies in Athletics. https://www.iat.uni-leipzig.de/datenbanken/iks/dlv-ws/Record/3029130

3- Bartonietz, K. (2000). Hammer Trowing: Problems and Prospects. In V. M. Zatsiorsky (Ed.), Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention (pp. 458–486). Blackwell Science Ltd.

4- Brice, S. M., Ness, K. F., & Rosemond, D. (2015). Validation of a method to predict hammer speed from cable force. Journal of Sport and Health Science, 4(3), 258–262. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2013.11.005

5- Brice, S. M., Ness, K. F., Rosemond, D., Lyons, K., & Davis, M. (2008). Development and validation of a method to directly measure the cable force during the hammer throw. Sports Biomechanics, 7(2), 274–287. https://doi.org/10.1080/14763140701841902

6- Judge, L. W., Hunter, I., & Gilreath, E. (2008). Using sport science to improve coaching: A case study of the American record holder in the women's hammer throw. International Journal of Sports Science and Coaching.

https://doi.org/10.1260/174795408787186440

7- Lee, C.-W., Liu, G.-C., Lin, D.-C., & Huang, C. (2000). The Comparsion Of Curvature Radius In Different Performances Of Hammer Throw. 18 International Sypmosium of Biomechanics in Sport.

8- Manuel, V., Gutiérrez, M., & Rojas, F. J. (2002). A biomechanical analysis of the individual techniques of the hammer throw finalists in the Seville Athletics World Championship 1999. New Studies in Athletics, 17(2), 15–26.

9- Murofushi, K., Sakurai, S., Umegaki, K., & Kobayashi, K. (2005). Development of a System to Measure Radius of Curvature and Speed of Hammer Head during Turns in Hammer Throw. International Journal of Sport and Health Science. https://doi.org/10.5432/ijshs.3.116

10- Murofushi, K., Sakurai, S., Umegaki, K., & Takamatsu, J. (2007). Acceleration Due to Thrower and Hammer Movement Patterns. Sports Biomechanics, 6(3), 301–314. https://doi.org/10.1080/14763140701489843

11- Okamoto1, A., Sakurai, S., & Ikegami, Y. (2006). Influence of Body Weight on Pulling Force Iin Hammer Throw. Proceedings of the ASP/UI Symposium on Close-Range Photogrametry, XXIV ISBS Symposium 2006., 112.

12- Sakr, M. (2012). Women's Hammer Throw Measurement Information System And Kinetic Energy of Body Segments and Hammer Head [Konstanz University]. https://kops.unikonstanz.de/bitstream/handle/123456789/21135/sakr 211352.pdf?sequence=1&isAllowed=y

13- T.K.Karalis, X. (1991). Archive of Applied Mechanics. 61, 344–360.

14- Wan, B., Gao, Y., Wang, Y., Zhang, X., & Li, H. (2020). applied sciences Hammer Throw : a Pilot Study for a Novel Digital-Route for Diagnosing and Improving Its Throw Quality. Applied Science, 10(1922), 12.

15- Wang, Y., Chang, S., Shan, G., & Li, H. (2015). A wireless sensor system for the training of hammer throwers. Proceedings - 2014 10th International Conference on Computational Intelligence and Security, CIS 2014. https://doi.org/10.1109/CIS.2014.30

16- Wang, Y., Wan, B., Li, H., & Shan, G. (2016). A wireless sensor system for a biofeedback training of hammer throwers. SpringerPlus. https://doi.org/10.1186/s40064-016-3069-5