مجلة تطبيقات علوم الرياضة
العدد مائة واربعة يونيو ٢٠٢٠
الخصائص البيوميكانيكية لمهارة ثلاث دورات ونصف هوائية خلفية مكورة معكوسة من المنصة المتحركة ٣ م للاعبي النخبة في رياضة الغطس
أ . م / احمد طلحة حسين حسام الدين
أ . م . د / ولاء محمد كامل العبد

المقدمة ومشكلة البحث:

إن التحديات المتمثلة في الجمع بين الأبعاد النظرية والعملية لمهارة رياضية محددة هي في حقيقة الأمر عملية معقدة تتطلب فهم المستويات المختلفة للأساس البدني للحركة. فعلى مستوى الميكانيكا الحيوية، تُفهم الحركة بالنسبة للقوى الناتجة عن العضلات وتفاعلها في حركة أجزاء الجسم البشري. وعلي المستوى الفيسيولوجي العصبي، يدرس السلوك الحركي فيما يتعلق بالهياكل العصبية وتفاعلاتها الوظيفية. وعلى مستوى الملاحظة، تعتبر العلاقة بين الحركة الرياضية وبيئة الأداء عملية أساسية لتطوير المهارات. في المجمل، تعتبر العمليات التي تقوم عليها هذه العلاقات ضرورية لفهم النظام المعقد للأداء الحركي البشري.

والنهج المعاصر لتفسير الأداء الرياضي يتبع نظرية الأنظمة الديناميكية التي تبرز عملية التنسيق والتحكم داخل نظام الحركة البشرية. وتَعتبر هذه النظرية نظام الحركة كشبكة معقدة للغاية من النظم الفرعية التابعة والمتعاونة (مثل الجهاز الحركي) التي تتكون من عدد أكبر من المكونات المتفاعلة (مثل أنسجة العضلات) (Glazier et al., 2003).

ورياضة الغطس بصفه عامة هي نشاط رياضي معقد يتطلب من اللاعبين التحضير والدفع وإطلاق أجسامهم للطيران وأداء تسلسل جوي مركب للغاية، والغطس من المنصة المتحركة (السلم المتحرك) بارتفاع ٣ أمتار هو أداء مهاري ذو درجة عالية من الخصوصية، من حيث التفاعل الديناميكي بين العديد من المتغيرات البدنية والبيوميكانيكية لجسم اللاعب وبيئة الأداء المتمثلة في سلم القفز.

وخلال مسابقات الرجال، يلتزم اللاعب بأداء واحدة من الغطسات في اتجاهات الدوران الهوائي الخمس: الأمامية forward، الخلفية backward، العكسية reverse، الداخلية inward وحول المحور الطولي twisting ، ويحكم تنفيذ الغطسات معايير الاتحاد الدولي للغطس FINA التي يتم توفيرها للرياضيين والمدربين والحكام. على

سبيل المثال، يجب أن يكون انطلاق اللاعب "جريء وعالي وبثقة". ويجب أن تكون مرحلة الطيران بشكل جمالي في جميع الأوقات ويجب الدخول إلى الماء في جميع الحالات رأسيا، ويكون الجسم مستقيماً، والقدمين معًا، وأصابع القدم مدببة (FINA, 2017).

يتضمن التحضير للغطس بالجري من على السلم المتحرك بشكل مميز ثلاث خطوات أو أكثر بطيئة وقصيرة تليها حجلة عالية. حيث يمثل ارتفاع الحجل امر حاسم في الأداء. فكلما زاد الارتفاع، زادت سرعة هبوط اللاعب في بداية الارتقاء وساهم ذلك في المزيد من الطاقة الحركية التي يتم تخزينها في السلم عند الهبوط عليه والاستفادة منها عند الارتداد لزيادة الطاقة الحركية لجسم اللاعب. ويستمر اللاعبون في دفع حدود عدد الدورانات الهوائية التي يمكن القيام بها بالإضافة لتحقيق نتائج الأداء الناجح باستمرار عند دخول الماء.

والانطباع الأخير للحكام عن الأداء هو دخول الماء بشكل صحيح، حيث يبحث الحكام عن "دخول نظيف" (الحد الأدنى بعثرة الماء)، والذي من المعروف انه يؤدي الي درجة أعلى في التقييم، هذه المرحلة من الأداء تحكمها العديد من المتغيرات البيوميكانيكية التي تؤثر فيها. (Goodwill, 2014; Qian, Zhang, & Jin, 2010.& Driscoll, Gaviria).

وتصنف مهارة ثلاث دورات ونصف هوائية خلفية مكورة معكوسة من السلم المتحرك من مهارات المجموعة المعكوسة (reverse group) بدرجه صعوبة ٣.٥ وتحمل كود مهارة رقم (307C)، حيث إنها من المهارات ذات الطبيعة المميزة التي يكون اتجاه الدوران بعد الارتقاء عكس اتجاه الحركة أثناء الاقتراب، ويكون الارتقاء بأعلى مستوي من التوافق وبتنسيق تسلسل أداء خاص لتحقيق متطلبات الأداء المهاري الناجح.

ولتفسير الأنظمة الديناميكية لرياضة الغطس، فإن فهم استراتيجيات التنسيق الأساسية بين المتغيرات الميكانيكية المرتبطة بتنفيذ هذه الغطسات المعقدة هو امر غاية في الأهمية لتنفيذ استراتيجيات الأداء الناجحة. حيث يحكم الأداء المهاري في الغطس السيطرة والتنسيق للمتغيرات المتعددة التي تعتمد على القدرات البدنية، ومتطلبات المهمة والعناصر البيئية، فالتوقعات النظرية لإمكانية تحقيق أهداف أداء محددة من خلال تنظيم تنفيذ معايير مختلفة أو متغيرة لها أهمية بالنسبة للأداء في رياضة الغطس من السلم المتحرك حيث تكون البيئة الخارجية شديدة التباين (Glazier, 2015 ; Barris, et al., 2012; Kudo, et al., 2000).

ومن هذا المنطلق تظهر أهمية دراسة الأداء المهاري للاعبي المستوي العالي للوقوف على اهم الخصائص البيوميكانيكية التي تساهم بشكل حاسم في الأداء المهاري والتي يمكن الاستفادة منها مستقبلا في تعديل وتطوير الأداء الفني للاعبي رياضة الغطس.

أهداف البحث:

يهدف البحث الي التعرف علي:

١. الخصائص البيوميكانيكية لأداء ثلاث دورات ونصف هوائية خلفية مكوره معكوسة من المنصة المتحركة ٣ أمتار للاعبي المستوي العالي في رياضة الغطس.
٢. التوصيات التي يمكن استخلاصها من نتائج التحليل الحركي للارتقاء بمستوي الأداء المهاري لأداء ثلاث دورات ونصف هوائية خلفية مكورة معكوسة من المنصة المتحركة لدي العينة قيد البحث.

تساؤلات البحث

– ماهي أهم الخصائص البيوميكانيكية لأداء ثلاث دورات ونصف هوائية خلفية مكوره معكوسة من السلم المتحرك ٣ أمتار في رياضة الغطس؟

– ماهي التوصيات التي يمكن استخلاصها للارتقاء بمستوي أداء ثلاث دورات ونصف هوائية خلفية مكوره معكوسة من السلم المتحرك ٣ أمتار لدي العينة قيد البحث؟

إجراءات البحث:

أولاً – المنهج المستخدم: استخدم الباحثان المنهج الوصفي باستخدام التحليل الحركي البيوميكانيكي للمهارة قيد البحث لملائمته لطبيعة وأهداف البحث.

ثانياً – عينة البحث:

تم اختيار عينة التحليل الحركي بالطريقة العمدية، وقوامها (١) لاعب دولي من لاعبي المنتخب المصري للغطس والحاصل على المركز الأول في بطولة الجائزة الكبرى (٢٠١٩) **FINA Diving Grand Prix 2019** المقامة بنادي هليوبوليس بمدينه الشروق خلال الفترة من ٢١ الي ٢٤ /٦/ ٢٠١٩، وبإجمالي عدد نقاط (٤٢٥,٩٠) نقطة.

جدول (١)

توصيف عينة التحليل الحركي

الاسم	مهاب إسحاق
السن	٢٢ سنة
الطول	١٧٣
الوزن	٧٢ كجم
النادي	هليوبوليس
عدد سنوات التدريب	١٣ سنوات
مستوي الممارسة	لاعب المنتخب القومي المصري

يوضح جدول (١) توصيف عينة التحليل الحركي حيث قام الباحثان بتحليل أفضل محاولة لأداء المهارة قيد البحث وفقا لدرجات الحكام خلال بطولة الجائزة الكبري. (مرفق١)

ثالثاً – أجهزة وأدوات التصوير وبرامج التحليل البيوميكانيكي:

- عدد ١ كاميرا تصوير High Speed Camera - SoCoo/ C30 S ،
(تم ضبطها على تردد ٦٠ كادر/ ث ، وبجودة تصوير 1080*1920 بيكسل).
- عدد ١ حامل ثلاثي مزود بميزان مائي.
- ريموت SoCoo للتحكم ف الكاميرات. Wireless Sync remote.
- كمبيوتر محمول HP Pavilion G6.
- برنامج التحليل الحركى Tracker 5.2.
- برنامج معالجة الفيديوWondershare filmora9.
- مكعب معايرة من ٨ نقاط مقاس ١م x ١م x ١م.
- برامج تصنيف ومعالجة البيانات (برنامج Microsoft Excel 2016)

رابعاً– إجراءات التصوير:

قام الباحثان بإجراء التصوير بغرض التحليل الحركي ثنائي الأبعاد للأداء الفني لمهارة ٣½ دورة هوائية مكوره خلفية معكوسة من المنصة المتحركة ٣ أمتار، حيث أجري الباحثان عمليات القياس والمعايرة واختبار مواقع التصوير والتردد المناسب لسرعه ودقه الكاميرا في الفترة من ٦/١٩ وحتى ٢٠١٩/٦/٢١ وأثناء تدريبات المنتخبات للاستعداد للمنافسة وقبل بداية البطولة.

وقد تمكن الباحثان من اختيار انسب موقع للتصوير وتم وضع الكاميرا على ارتفاع ٢.٨٥م وبمحاذاة نهاية سلم القفز. بحيث تكون الكاميرا عمودية بقدر الإمكان على المستوي السهمي للحركة وذلك لوجود محددات لاماكن وضع آلات التصوير أثناء المنافسات العالمية.

خامساً – إجراءات التحليل:

تم تصوير الفيديو للأداء الحركي بسرعة ٦٠ كادر/ ث، وبجودة تصوير 1080*1920 بيكسل، واستخدم الباحثان برنامج (Tracker 5.2) للتحليل الحركي لتحليل عدد ٧٣ كادر للأداء المهاري قيد البحث لاستخلاص اهم المتغيرات البيوميكانيكية المميزة (مرفق ٢).

واستخدمت خاصية معادلة زوايا التصوير لتلافي أي أخطاء قد تؤثر علي نتائج التحليل (Prospective Filter) حيث يتم استخدام طريقة (DLT 2-D) أو الانتقال الخطي المباشر التي تتيح نتائج تحليل دقيقة حتي مع الاختلافات في زاوية التصوير (Brewin, 2003; Kwon, 2002) و واستخدم نموذج تحليل مكون من ١٤ نقطة مرجعية تمثل أجزاء جسم اللاعب أثناء مراحل الأداء المختلفة (شكل ١).

شكل (١) نموذج تحليل الأداء

سادساً – توصيف مراحل الأداء الفني للمهارة قيد البحث

اتبع الباحثان التوصيف التالي لمراحل الأداء الفني للمهارة قيد البحث لتحديد التسلسل الزمني وخصائص كل مرحلة مرفق (٣) وهي كالتالي:

- الاقتراب (Approach): خطوات المشي أو الجري في بداية الأداء التي تسبق الحجل، ولقد تم قياس أخر خطوة من مرحله الاقتراب من بداية لمس قدم الارتكاز الأمامية لسلم القفز وحتي لحظة لمس القدم الأخرى للسلم في نهاية الخطوة.
- الحجل (Hurdle): القفز لأعلى من لحظة لمس قدم الحجل للسلم وحتي قبل لحظه الهبوط بالقدمين معا علي نهاية سلم القفز.
- الارتقاء (Takeoff): وتبد من تلامس القدمين لسلم القفز بعد الهبوط من الحجل مباشرة وتشمل فترة انضغاط السلم لأسفل وتنتهي في أخر لحظه لتلامس القدمين بعد ارتداد سلم القفز لأعلي.
- الطيران (Flight): فترة الطيران الحر من آخر ملامسة لسطح السلم وحتى التلامس الأولي مع سطح الماء.
- الدخول (Entry): ويبدأ من لحظة التلامس الأولي مع سطح الماء وحتى تختفي كل أجزاء الجسم تحت الماء. (Zatsiorsky, 2004)

عرض ومناقشة النتائج

أولا: التسلسل الزمني لمراحل الأداء الفني

يوضح جدول (٢) زمن بداية ونهاية كل مرحلة من مراحل الأداء الفني كذلك زمن الكبح والدفع لمرحلة الارتقاء.

جدول (٢) التسلسل الزمني لمراحل الأداء الفني للمهارة قيد البحث

*مراحل الأداء الفني					
	الخطوة الأخيرة	الحجل	الارتقاء	الطيران	الدخول
بداية	0	1.05	2.683	3.183	4.867
نهاية	1.033	2.667	3.167	4.85	5.083
الزمن	1.033	1.617	0.484	1.667	0.216
زمن الارتقاء	الكبح	0.284			
	الدفع	0.2			

*وحدة قياس الزمن/ ثانية

شكل (٢) النسب المئوية لمراحل الأداء بالنسبة للزمن الكلي

يتضح من جدول (٢) وشكل (٢) أن الزمن الكلي للأداء المهاري قيد البحث قد بلغ ٤.٨٥ ث حتي لحظة لمس اليدين لسطح الماء، وزمن ٥.٠٨٣ ث حتي اختفاء كل أجزاء الجسم تحت سطح الماء، وبلغ زمن الخطوة الأخيرة لمرحلة الارتقاء ١.٠٣٣ ث وبنسبة ٢١%، كما بلغ زمن مرحلة الحجل ١.٦١٧ ث وبنسبة ٣٢%، وكان زمن مرحلة الارتقاء ٠.٤٨٤ ث وبنسبة ١٠%، أما زمن مرحلة الطيران فبلغ ١.٦٦٧ ث وبنسبة ٣٣%، وبلغ زمن مرحلة الدخول ٠.٢١٦ ث وبنسبة ٤% من زمن الأداء الكلي، بالإضافة الي أن زمن الكبح أو الإيقاف بلغ ٠.٢٨٤ ث وبنسبة ٥٩%، وبلغ زمن الدفع ٠.٢٠٠ ث وبنسبة ٤١% من زمن مرحلة الارتقاء.

ثانيا: خصائص مركبات الإزاحة لمركز ثقل الجسم

شكل (٣) منحي مركبة الإزاحة لمركز ثقل الجسم

يوضح شكل (٣) قيم الإزاحة الأفقية والرأسية لمركز ثقل الجسم أثناء الأداء للمهارة قيد البحث، حيث تشير أهم النتائج الي أن مركز ثقل الجسم قد وصل الي ارتفاع ١.٧٢٣م من النقطة التي تمثل سطح سلم القفز في حالة السكون وعند اللحظة ٠.٧٣٣ ث أثناء الخطوة الأخيرة وهو ما يفسر زمن هذه المرحلة البالغ ١.٠٣٣ث حيث يستغرق الجسم زمنا للوصول الي هذا الارتفاع، مما يؤكد على استخدام لاعبي النخبة لفترة طيران أثناء الخطوة الأخيرة من مرحلة الاقتراب (Kong, 2005)

كما بلغ ارتفاع مركز الثقل ٠.٢٧٨م وفي اللحظة ١.٣٣٣ث قبل نهاية مرحلة الاقتراب عند أقصى انضغاط لسلم القفز، ليصل ارتفاع مركز الثقل لأقصي قيمة خلال مرحلة الحجل ٢.٦٠١م في اللحظة ٢.١٣٣ ث، ويفسر الباحثان أسباب زمن مرحلة الحجل الذي استغرق ١.٦١٧ ث وبنسبة ٣٢% وبفارق بسيط جدا عن مرحلة الطيران، الي ضرورة اكتساب مركز ثقل الجسم لأعلي ارتفاع خلال تلك المرحلة الي جانب وجود انثناء في مفاصل الطرف السفلي قبل لحظة الارتكاز للارتقاء والتي تساهم أيضا في زيادة زمن الحجل.

ووصل مركز ثقل الجسم الي أدني ارتفاع له في مرحلة الحجل ٠.٠٠٥ م من النقطة التي تمثل سطح سلم القفز في حالة السكون وعند اللحظة ٢.٩٣٣ ث في نهاية الانضغاط الكامل لسلم القفز وقبل بداية الارتداد الأخير، ليصل الي اعلي ارتفاع خلال مرحلة الطيران ٣.٢١٣م وفي اللحظة ٣.٨ ث من الأداء.

والملاحظ أن بداية سلسة التحركات التي تساهم في إكساب مركز الثقل للارتفاع الأمثل خلال مرحلة الطيران تبدأ في مرحلة الارتقاء. حيث يكون انضغاط السلم في البداية منخفض قليلاً بسبب وزن اللاعب. ثم يقوم اللاعب بتحريك سلم القفز عن طريق تبادل موضع الكاحل بشكل دقيق. ليزداد اتساع حركة الاهتزاز أو الارتداد تدريجياً بسبب النبضات المتكررة التي يتم تطبيقها من خلال أقدام اللاعب خلال التحضير للطيران، تتغلب هذه النبضات المتكررة على القصور الذاتي للاعب وللسلم وتنتج تذبذبًا أكبر مما يمكن إنتاجه عند الدفع لمرة واحدة فقط (Zatsiorsky, 2004).

كما تتفق هذه النتائج مع (Miller, 2000) في أن استخدام لاعبي الغطس على مستوى النخبة لفترة وجيزة من الطيران في الخطوة التي تسبق مباشرة مرحلة الارتكاز للحجل تساهم بدورها أيضا في تفعيل سلم القفز واستغلال العملية المتكررة لتخزين واسترداد الطاقة الحركية من السلم.

أما بالنسبة للإزاحة الأفقية فبلغت اعلي قيمة لها ٣.٠٠٦م في نهاية مرحلة الطيران لحظة لمس اليدين لسطح الماء، كما بلغت قيمة الإزاحة الأفقية المقطوعة خلال مرحلة الطيران ١.٣٣٤م. ترجع محدودية الإزاحة الأفقية خلال مرحلة الطيران الي حاجة اللاعب للتحرك أفقيا بعيدا عن حافة سلم القفز بأمان ولكن ليس بشكل مفرط (Kong, 2005; Zatsiorsky, 2004; Miller & Munro, 1985)

ثالثا: خصائص السرعة الخطية والدورانية

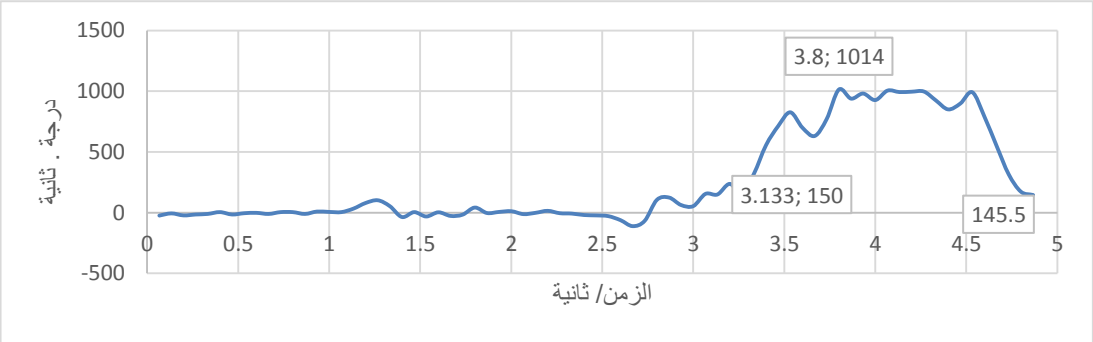
شكل (٤) منحني مركبة السرعة الخطية لمركز ثقل الجسم

يوضح شكل (٤) منحني مركبة السرعة الخطية لمركز ثقل الجسم، حيث تشير أهم النتائج أن السرعة الرأسية لمركز الثقل قد بلغت ٣.٢٩٧ م/ث لأعلي في اللحظة ٠.٣٣٣ث أي في بداية الخطوة الأخيرة من مرحلة الاقتراب وهي النتيجة التي تفسر وصول مركز الثقل لارتفاع ١.٧٢٣م خلال تلك المرحلة، كما بلغت القيمة – ٣.٨٧٣ م/ث لأسفل وفي اللحظة ١.١٣٣ث أي في بداية الارتكاز للحجل مباشرة، ووصلت القيمة الي ٥.١١٧ م/ث لأعلي في اللحظة ١.٥٣٣ث وقبل لحظات الطيران الأولي لمرحلة الحجل وهي النتائج التي تفسر وصول ارتفاع مركز الثقل الي ٢.٦٠١م خلال تلك المرحلة، كما بلغت قيمة السرعة الرأسية –٥.٤٩٨ م/ث لأسفل وفي اللحظة ٢.٦٦٧ث أي عند نهاية مرحلة الحجل وقبل بداية مرحلة الارتقاء.

وبلغت أقصي قيمه للسرعة الرأسية ٦.٤٣٤ م/ث لأعلي في اللحظة ٣.١٣٣ ث في نهاية مرحلة الارتقاء وقبل بداية الطيران مباشرة وهي السرعة التي أكسبت مركز ثقل الجسم لاحقا ارتفاع وصل الي ٣.٢١٣م خلال مرحله الطيران.

أما السرعة الأفقية فبلغت أعلي قيمة لها في بداية الأداء وبلغت ٢.٢٣٧ م/ث في اتجاه الحركة نحو نهاية سلم القفز، والملاحظ أن قيمة كل من السرعة والإزاحة الأفقية قد انخفضت تدريجيا خلال مرحلة الاقتراب وانخفضت بشكل كبير خلال مرحلة الحجل لتصل الي أدني مستوياتها بقيمة –٠.٢٠٩ م/ث في الاتجاه المعاكس للحركة خلال مرحلة الارتقاء، ويرجع الباحثان هذا الانخفاض لطبيعة المتطلبات البيوميكانيكية للأداء المهاري في مرحلة

الحجل حيث يتطلب الأداء الناجح في هذه المرحلة توجيه الطاقة الحركية المكتسبة من ارتداد السلم رأسيا بالكامل لاكتساب أعلي قدر من السرعة الرأسية والوصول لأعلي ارتفاع لمركز ثقل الجسم.

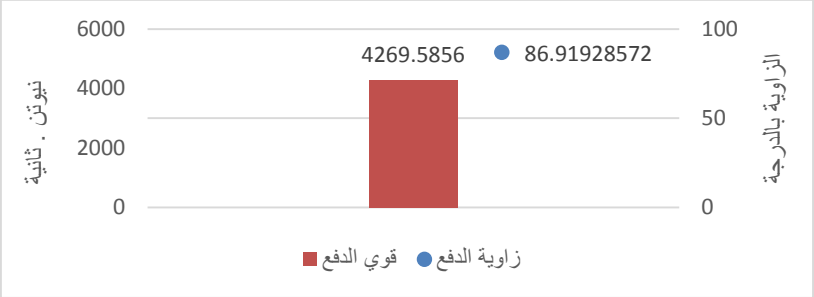


شكل (٥) منحي السرعة الدورانية حول مركز ثقل الجسم

يوضح شكل (٥) قيم السرعة الدورانية حول مركز ثقل الجسم خلال مراحل الأداء المختلفة، حيث تشير أهم النتائج الي أن قيمة السرعة الدورانية في نهاية مرحلة الارتقاء بلغت ١٥٠ ° / ث في اتجاه الدوران، وهي النتيجة التي تتفق مع دراسة (Walker et al., 2014) حيث يشير الي انه من الشائع أن يبدأ اللاعبون في الدوران قبل نهاية الارتقاء ؛ كما تزايدت السرعة الدورانية بشكل كبير لتصل لأعلي قيمة لها ١٠١٤ ° / ث عند لحظة وصول مركز ثقل الجسم لأعلي ارتفاع محقق أثناء مرحله الطيران وهي النتائج التي تؤكد علي قدرة العينة قيد البحث علي تحقيق السرعات الدورانية المناسبة لإتمام الدورانات الهوائية بنجاح حيث يصل متوسط السرعة الدورانية للاعبي النخبة في الغطس إلى ١٠٠٣ ° / ث عند أداء ٣½ دورة هوائية (Miller & Sprigings, 2001) وحوالي ١١٥٠ ° / ث عند أداء ٤½ (Miller, 2013).

رابعا: خصائص الدفع

يوضح شكل (٦) قيم الدفع خلال مرحلة الارتقاء والتي بلغت ٤٢٧٠ نيوتن. ث تقريبا، كما بلغت زاوية الدفع لحظة نهاية الارتقاء ٨٧ درجة تقريبا، وهي النتائج التي تؤكد علي أهمية توجيه النسبة الأكبر من الدفع رأسيا بغرض تحقيق ارتفاع للطيران وبالتالي زمن كافي في الهواء للدوران ووجود نسبة صغيرة من الدفع أفقيا لحظة نهاية الارتقاء وبغرض تحقيق كمية حركة دورانية كافية لتنفيذ الدورانات الهوائية والتحرك أفقيا بعيدا عن

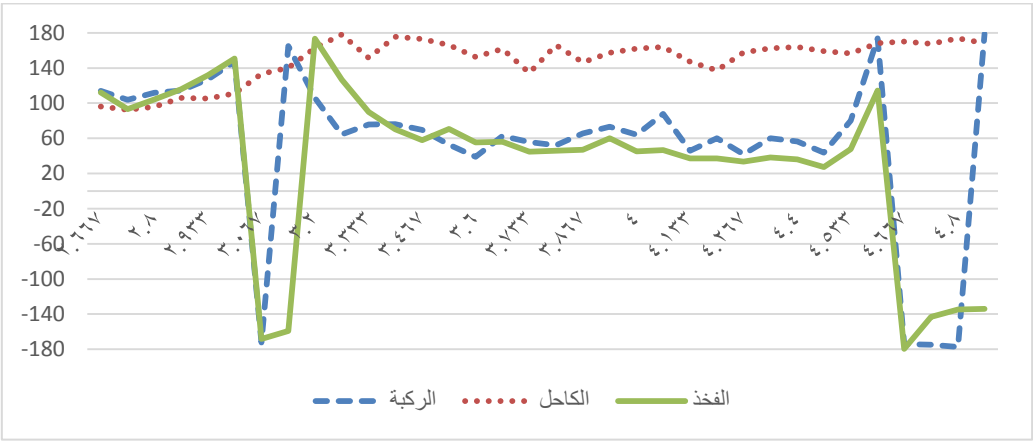


شكل (٦) قيمة وزاوية الدفع لمرحلة الارتقاء

حافة سلم القفز بأمان (Kong, 2005; Miller & Munro, 1985) حيث يتم تحديد ارتفاع الغطس والمسافة الأفقية المقطوعة في الطيران وكمية الحركة الدورانية اللازمة لتنفيذ الدورانات في نهاية مرحلة الارتقاء، بمجرد ترك اللاعب لسلم القفز وبداية الطيران، لا يمكنه التحكم في سرعة الدوران إلا عن طريق تغيير شكل الجسم.

خامسا: التغير الزاوي للطرف السفلي أثناء مرحلتي الارتقاء والطيران

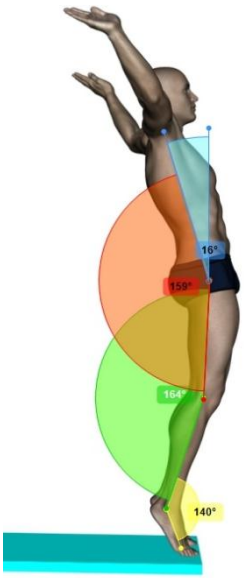
يوضح شكل (٦) قيم زوايا مفاصل الطرف السفلي خلال مرحلتي الارتقاء والطيران، حيث تشير أهم النتائج لوجود ثني في مفاصل الطرف السفلي (الفخذ، الركبة، الكاحل) لحظة بداية الارتقاء بلغت ٩٢.٣°، ١٠٣.٦°، ٩٣.٢° على التوالي هذا الوضع للطرف السفلي يزيد من صلابة المفاصل عند الهبوط، مما يحد من قدر امتصاص الجسم للطاقة بدلا من تخزينها في سلم القفز.



شكل (٧) قيم زوايا الطرف السفلي أثناء مرحلتي الارتقاء والطيران

ويبدأ التغير في قيم زوايا مفاصل الطرف السفلي بمجرد اتصال القدمين مع سطح السلم، حيث يتم تمديد الركبتين بقوة لدفع السلم لأسفل لتصل قيمة زاوية الركبة الي ١٤٧.٢° وزاوية الكاحل الي ١١١.٢° في لحظة أقصى انضغاط للسلم، فكلما زاد الضغط على السلم، يتم تخزين المزيد من الطاقة وزيادة احتمالية الارتفاع خلال الطيران. امتداد الركبتين صاحبة تقليل زاوية الجذع مع المحور الرأسي لتصل قيمة زاوية الفخذ ١٥٠.٨°،

واستمر اللاعب في تمديد مفاصل الطرف السفلي خلال ارتداد السلم لتصل قيمة زاوية الركبة الي ١٦٤.٨° وزاوية الكاحل الي ١٤٠.٣° كما هو موضح بشكل (٨) بحيث يصل الجسم كله للشكل الممتد بالكامل قبل لحظات الطيران الأولي.



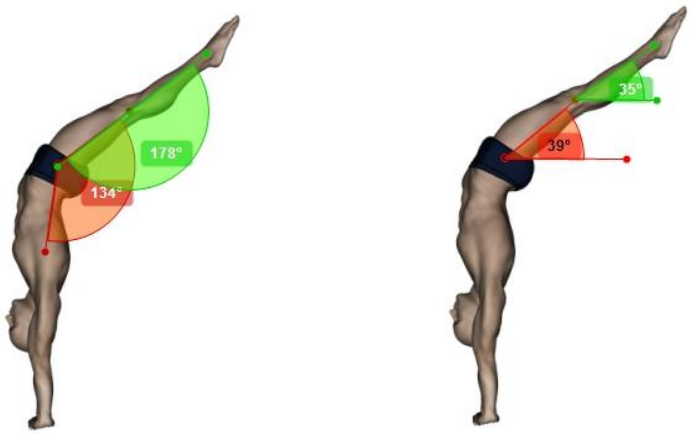
شكل (٨) قيم زوايا الطرف السفلي وزاوية الجذع لحظه نهاية الارتقاء

والجدير بالذكر أن زاوية الفخذ قد وصلت للمد الزائد بقيمة -١٥٩.٢° لحظه نهاية الارتقاء والتي أدت لزاوية جذع مقدراها ١٦.٤° عن المحور الرأسي الموجب، وضع الميل الخلفي الناتج هو أمر ضروري لبدء الدوران في الاتجاه المطلوب، حيث يولد اللاعب كمية حركة دورانية باستخدام الثني في مفصل الفخذ (لمجموعة الدورانات الأمامية والداخلية)، أو التمديد الزائد (لمجموعة الدورانات الخلفية والمعكوسة). فعند أداء مهارات المجموعة المعكوسة والداخلية، يتحرك مركز الثقل في مرحلة الارتداد خلفا بعيدًا عن نقطة الارتكاز وخط تأثير قوي الدفع. خلال هذه الفترة، يشجع عزم القوة الأفقية على الدوران في الاتجاه المطلوب.

أما في بداية مرحلة الطيران، فقد بدأ اللاعب فورا في زيادة سرعته الدورانية والتي بلغت ١٥٠ ° / ث وذلك بإعادة تشكيل أجزاء الجسم لتكون أقرب لمركز الثقل، حيث كانت قيم مفصل الفخذ الي ١٧٣.٢° ومفصل الركبة الي ١٠٥.٨°، واستمرت هذه القيم في الانخفاض لتصل الي ٥٢.١° لمفصل الفخذ و٤٦° لمفصل الركبة عند الوصول لوضع التكور الكامل وأقصي سرعه دورانية ١٠١٤ ° / ث.

والملاحظ وجود تذبذب في قيم زوايا مفصل الركبة والفخذ أثناء وضع التكور الكامل وحتي قبل لحظة البدء في مد مفاصل الجسم تمهيدا لمرحلة الدخول، حيث كان متوسط قيم زاوية الركبة ٦٠.٩° وبانحراف معياري قدرة ±١٣.٧°، ومتوسط قيم زوايا الفخذ ٤١.٨° وبانحراف معياري قدرة ±٨.٣°، ويتفق الباحثان مع (Cherie Walker et al. 2017) في أن تفسر هذا التفاوت في قيم زاوية الفخذ والركبة يرجع لعدم قدرة اللاعب العضلية علي مقاومة قوى الطرد المركزي المتزايدة الناتجة عن زيادة السرعة الزاوية والتي وصلت الي (١٠١٤ ° / ثانية).

وخلال مرحلة مد الجسم تمهيدا للدخول نجح اللاعب في تخفيض السرعة الدورانية لتصل الي ١٤٥° / ث لحظة لمس اليدين للماء لتصل قيمة زاوية الفخذ الي -١٣٤.٢° وزاوية الركبة الي ١٧٨.٨° وزاوية الكاحل الي١٦٨.٢°، يرجع الباحثان وجود مد زائد في مفصل الفخذ مع الجذع لانخفاض سرعة مد الجذع أثناء هذه المرحلة مما أدي لوصول اللاعب للوضع الموضح في شكل (٩) لحظة لمس الماء.



شكل (٩) وضع الجسم لحظة لمس اليدين لسطح الماء

فعلي الرغم من اختيار اللاعب للتوقيت المناسب بعد التكور لتمديد الجسم، إلا أن بطء تمديد الجذع وضعف العضلات القابضة للفخذ على الجذع أعاق وصول اللاعب للوضع العمودي الأمثل لمرحلة الدخول حيث وصلت زاوية الفخذ بالنسبة للمحور الأفقي الموجب ٣٩° تقريبا وزاويه الساق ٣٥° تقريبا مما نتج عنة الخصومات الواردة للأداء بتقييم الحكام مرفق (١).

الاستنتاجات:

- خلال الخطوة الأخيرة من الاقتراب وصل ارتفاع مركز ثقل الجسم الي ١.٧٢٣م من النقطة التي تمثل سطح سلم القفز في حالة السكون وعند اللحظة ٠.٧٣٣ ث، مما يؤكد على استخدام لاعبي النخبة لفترة طيران أثناء الخطوة الأخيرة من مرحلة الاقتراب.
- بداية سلسة التحركات التي تساهم في إكساب مركز الثقل للارتفاع الأمثل خلال مرحلة الطيران تبدأ في مرحلة الارتقاء. والتي تساهم بدورها أيضا في تفعيل سلم القفز واستغلال العملية المتكررة لتخزين واسترداد الطاقة الحركية.
- بلغت قيمة الإزاحة الأفقية المقطوعة خلال مرحلة الطيران ١.٣٣٤م. ترجع محدودية الإزاحة الأفقية خلال مرحلة الطيران الي حاجة اللاعب للتحرك أفقيا بعيدا عن حافة سلم القفز بأمان ولكن ليس بشكل مفرط.
- انخفضت قيمة كل من السرعة والإزاحة الأفقية بشكل كبير في مرحلة الحجل حيث يتطلب الأداء الناجح في هذه المرحلة توجيه الطاقة الحركية المكتسبة من ارتداد السلم رأسيا بالكامل لاكتساب أعلي قدر من السرعة الرأسية والوصول لأعلي ارتفاع لمركز ثقل الجسم.
- بلغت أعلي قيمه للسرعة الرأسية ٦.٤٣٤ م/ث في اللحظة ٣.١٣٣ ث في نهاية مرحلة الارتقاء وقبل بداية الطيران مباشرة وهي السرعة التي أكسبت مركز ثقل الجسم لاحقا ارتفاع وصل الي ٣.٢١٣م خلال مرحله الطيران.
- وصلت السرعة الدورانية أثناء مرحلة الطيران لأعلي قيمة لها ١٠١٤ ° / ث عند لحظة وصول مركز ثقل الجسم لأعلي ارتفاع محقق أثناء مرحله الطيران وهي النتائج التي تؤكد علي قدرة العينة قيد البحث علي تحقيق السرعات الدورانية المناسبة لإتمام الدورانات الهوائية بنجاح.
- أهمية توجيه النسبة الأكبر من الدفع رأسيا بغرض تحقيق ارتفاع للطيران وبالتالي زمن كافي في الهواء للدوران وتوجيه نسبة صغيرة من الدفع أفقيا لحظة نهاية الارتقاء وبغرض تحقيق كمية حركة دورانية والتحرك بعيدا عن حافة سلم القفز بأمان وتلعب هذه المرحلة دورًا رئيسيًا في تحديد نتائج الأداء. حيث يجب أن ينتج اللاعب كمية حركة رأسية للطيران وكمية حركة أفقية مناسبة للابتعاد الكافي عن سلم القفز وكمية الحركة الدورانية الكافية لتنفيذ العدد المطلوب من الدورانات الهوائية.
- وضع الثني في الطرف السفلي لحظة بداية الارتقاء يزيد من صلابة المفصل عند الهبوط، مما يحد من قدر امتصاص الجسم للطاقة بدلا من تخزينها في سلم القفز.

- وجود تذبذب في قيم زوايا مفصل الركبة والفخذ أثناء وضع التكور الكامل وحتى قبل البدء في مد مفاصل الجسم تمهيدا لمرحلة الدخول يرجح عدم قدرة اللاعب العضلية على مقاومة قوى الطرد المركزي المتزايدة الناتجة عن زيادة السرعة الزاوية.
- تظهر الحاجة للمزيد من الدراسات على عينات مختلفة وبحجم أكبر لعملية التغير في قيم زوايا مفصلي الركبة والفخذ حتى وان كانت محدودة فقد يكون زيادة قيمه الزاوية ثم تناقصها عاملا مساعدا في إتمام الدورانات الهوائية بتوفير مصدر ذاتي للدوران خاصا وأن كمية الحركة الدورانية لحظة الخروج من السلم هي قيمه ثابته نظريا يكتسبها جسم اللاعب وعليه التحكم في أوضاع جسمه على مدي مسار الطيران.

التوصيات:

لتقديم أفضل مساعدة للاعبي الغطس عند أداء المهارة قيد البحث فيما يخص تحمل وضعية التكور أثناء الدورات الهوائية والتي تحتاج جهد عضلي أكبر لمقاومة قوى الطرد المركزي المتزايدة الناتجة عن زيادة السرعة الدورانية يجب أن يتم التركيز على تدريب الانقباض العضلي الثابت في اتجاهات الثني عند الفخذين، وثني الركبتين، وقبض الجذع للأمام وتمديده للخلف، ورفع الذراعين اعلي الرأس، وانثناء المرفقين لمسك الساقين. كما يجب تدريب اللاعب على تحكم أكبر للانقباض اللامركزي للعضلات أثناء التباطؤ من السرعة الدورانية العالية والتي تسمح بدخول آمن وعمودي في الماء.

المراجع

Barris, S., Farrow, D., & Davids, K. (2012). Do the kinematics of a baulked take-off in springboard diving differ from a completed dive? Journal of Sport Sciences. doi: 10.1080/02640414.2012.733018

Brewin, M. A., and Kerwin, D. G. (2003). Accuracy of Scaling and DLT Reconstruction Techniques for Planar Motion Analyses. *Journal of Applied Biomechanics, 19*, 79-88.

Cherie Walker, Peter Sinclair, Kenneth Graham & Stephen Cobley (2017) The validation and application of Inertial Measurement Units to springboard diving, Sports Biomechanics, 16:4, 485-500, DOI: 10.1080/14763141.2016.1246596

Driscoll, H., Gaviria, S., & Goodwill, S. (2014). Analyzing splash in competitive diving. Procedia Engineering, 72, 26-31. doi: 10.1016/j.proeng.2014.06.008

FINA. (2017). FINA Diving rules 2017-2021 Rules and Regulations Retrieved from http://www.fina.org/content/rules-and-regulation

Glazier, P. (2015). Towards a Grand Unified Theory of sports performance. Human Movement Science, 30012-30019. doi: 10.1016/j.humov.2015.08.001.

Glazier, P., Davids, K., & Bartlett, R. (2003). Dynamical system theory: a Relevant Framework for Performance-Oriented Sports Biomechanics Research. Sport science, 7. Retrieved from http://sportsci.org/jour/03/psg.htm.

Joanne Mikl (2018), Joint moments required to hold a posture while somersaulting, Human Movement Science, 57, 158-170, ISSN 0167-9457, https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.12.001.

Kudo, K., Ito, T., Tsutsui, S., Yamamoto, Y., & Ishikura, T. (2000). Compensatory coordination of release parameters in a throwing task. Journal of Motor Behavior, 32(4), 337-345

Kwon, Y.-H., and Fiaud, V. (2002). *Experimental issues in data acquisition in sport biomechanics: camera calibration. In K. E. Gianikellis (ed.).* Paper presented at the the XXth International Symposium on Biomechanics in Sports, Applied Session in Data Acquisition and Processing, Cáceres.

Miller, D. I. (2000). Biomechanics in Sport. Performance Enhancement and Injury Prevention In V. M. Zatsiorsky (Ed.), (Vol. 9): Blackwell Science Ltd

Miller, D. I. (2013). Teaming up to enhance diving performance In T. Köthe & O. Stoll (Eds.), 1st Symposium for Researchers in Diving (Vol. 1, pp. 44-52). Leipzig, Germany, 8-9 May.

Miller, D. I., & Sprigings, E. J. (2001). Factors influencing the performance of springboard dives of increasing difficulty. Journal of Applied Biomechanics, 17(3), 217-231. Retrieved from http://journals.humankinetics.com/jab

Qian, J., Zhang, J., & Jin, H. (2010). Computer simulation of "Splash Control" and research of the rip entry technique in competitive diving. International Journal of Sports Science and Engineering, 4(3), 165-173.

Walker, C. A., Sinclair, P. J., Cobley, S., Sanders, R. H., & Graham, K. S. (2014). A comparison of multiple forward somersault dives from the 3m springboard: a case study. In K. Sato, W. A. Sands & S. Mizuguchi (Eds.), XXXII International Society of Biomechanics in Sports Conference Proceedings (pp. 353-356). Johnson City, Tennessee, USA: East Tennessee State University, 12–16 July. Retrieved from https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/6094

Zatsiorsky, V. M., International Federation of Sports Medicine, & IOC Medical Commission. (2004). *springboard and platform diving*، in *Biomechanics in sport: Performance enhancement and injury prevention*, pp 328-329, Oxford: Blackwell Science.

الخصائص البيوميكانيكية لمهارة ثلاث دورات ونصف هوائية خلفية مكورة معكوسة من المنصة المتحركة ٣م للاعبي النخبة في رياضة الغطس

أستهدف البحث أهمية دراسة الأداء المهاري للاعبي المستوي العالي للوقوف علي اهم الخصائص البيوميكانيكية التي تساهم بشكل حاسم في الأداء المهاري والتي يمكن الاستفادة منها مستقبلا في تعديل وتطوير الأداء الفني للاعبي رياضة الغطس. من حيث الخصائص البيوميكانيكية لأداء ثلاث دورات ونصف هوائية خلفية مكوره معكوسة من المنصة المتحركة ٣ أمتار للاعبي المستوي العالي في رياضة الغطس.

- استخدم الباحثان المنهج الوصفي باستخدام التحليل الحركي البيوميكانيكي للمهارة قيد البحث لملائمته لطبيعة وأهداف البحث.

كما تم اختيار عينة التحليل الحركي بالطريقة العمدية، وقوامها (١) لاعب دولي من لاعبي المنتخب المصري للغطس والحاصل علي المركز الأول في بطولة الجائزة الكبرى (٢٠١٩) **FINA Diving Grand Prix 2019** المقامة بنادي هليوبوليس بمدينه الشروق خلال الفترة من ٢١ الي ٢٤ /٦/ ٢٠١٩، وبإجمالي عدد نقاط (٤٢٥,٩٠) نقطة.

وجاءت التوصيات التي يمكن استخلاصها من نتائج التحليل الحركي للارتقاء بمستوي الأداء المهاري لأداء ثلاث –دورات ونصف هوائية خلفية مكورة معكوسة من المنصة المتحركة لدي العينة قيد البحث.

ولتقديم أفضل مساعدة للاعبي الغطس عند أداء المهارة قيد البحث فيما يخص تحمل وضعية التكور أثناء الدورات الهوائية والتي تحتاج جهد عضلي أكبر لمقاومة قوى الطرد المركزي المتزايدة الناتجة عن زيادة السرعة الدورانية يجب أن يتم التركيز علي تدريب الانقباض العضلي الثابت في اتجاهات الثني عند الفخذين، وثني الركبتين، وقبض الجذع للأمام وتمديده للخلف، ورفع الذراعين اعلي الرأس، وانثناء المرفقين لمسك الساقين. كما يجب تدريب اللاعب علي تحكم أكبر للانقباض اللامركزي للعضلات أثناء التباطؤ من السرعة الدورانية العالية والتي تسمح بدخول آمن وعمودي في الماء.

Research Summary

Biomechanical properties of three-and-a-half round back mirrored skill from the moving platform 3m for elite diving players

performance of high-level players to find the most important biomechanical properties that contribute decisively to the skill performance and that can be used in the future to modify and develop the technical performance of scuba diving players. In terms of biomechanical characteristics of the performance of three round and half antenna spinning back mirrors from the moving platform 3 meters for high level players in scuba diving.

• The two researchers used the descriptive method using the biomechanical kinetic analysis of the skill in question, due to its relevance to the nature and objectives of the research.

The kinetic analysis sample was also chosen intentionally, and consisted of (1) an international diving player for the Egyptian team, who won first place in the FINA Diving Grand Prix 2019 held in Heliopolis Club in the city of Sunrise during the period from 21 to 24/6 / 2019, with a total number of points (425,90) points.

The recommendations that can be extracted from the results of kinetic analysis to upgrade the skill performance level of the performance of three and a half pairs of background spherical reverse mirrors from the mobile platform of the sample in question.

In order to provide the best assistance to scuba diving players when performing the skill under discussion with respect to bearing ball position during aerobic cycles that require greater muscle effort to resist the increased centrifugal forces resulting from increased rotational speed, the focus should be on training the fixed muscle contraction in the directions of the flexion of the thighs, and bending Knees, holding the torso forward and extending backward, raising the arms above the head, and the elbows bent to hold the legs. The player must also be trained on greater control of the decentralized contractions of the muscles during the slowdown of the high rotational speed, which allows safe and vertical entry into the water.