

"تصميم برنامج علي الحاسب الآلي لتعيين مركز ثقل جسم الإنسان مع حساب بعض المتغيرات الميكانيكية لبعض الرياضات"

* د. حسين محمد عيد

مشكلة البحث:

تناول العديد من الباحثين موضوع تعيين مركز ثقل جسم الانسان من خلال أبحاث متنوعة كوسيلة لحساب متغيرات ميكانيكية تتعلق بظواهر حركية ومهارية مختلفة. علي الرغم من أن هذا التناول كان لا يتعدى تحديد مركز ثقل الجسم بأستخدام طريقة الاجزاء التقليدية، إلا أن تعيين مركز ثقل الجسم لوضع واحد من الفيلم السينمائي كان يستهلك من الباحث الكثير من الوقت والجهد والمال حتي يمر بمراحل نقل الاوضاع من الفيلم علي ورق رسم عادي، ثم القياس اليدوي بأستخدام مسطرة مدرجة وآلة حاسبة بسيطة لحساب أطوال الاجزاء ومراكز ثقلها، ثم تأتي مرحلة تجميع أبعاد مراكز ثقل الاجزاء لتحديد مركز

* استاذ مساعد بكلية التربية / جامعة الملك سعود

ثقل الجسم الكلي، وأخيرا ينتقل إلي الوضع التالي .. وهكذا حتي ينتهي من نقل المهارة كلها من الفيلم السنمائي. ولا يتوقف معاناة استهلاك الوقت والجهد عند هذا الحد، لأن المرحلة التالية ستكون أضني وأشق لأن حساب المتغيرات الميكانيكية التي تتصف بها المهارة تمر في أغلب الاحيان بمراحل معقدة لا تستطيع الآلة الحاسبة استيعابها.

من هنا لجأ العديد من الباحثين في الأونة الأخيرة إلي اختبار أوضاع معينة محدودة أثناء الاداء الحركي للمهارة مثل لحظات البدء ولحظات الانطلاق متجنبا بذلك تتبع المسار الحركي اللحظي للمهارة كلها من بدايتها إلي نهايتها مما أدي ٧٧ بالتالي إلي أن أصبحت المتغيرات الميكانيكية المطلوب حسابها محدودة جدا.

مع ظهور وتطور الأجهزة الالكترونية الحديثة ومع الانتشار الواسع في استخدام الحاسب الآلي في كثير من فروع العلم المختلفة، وحتى يتم مواكبة هذا التطور، قام الباحث بتصميم برنامج علي الحاسب الآلي حتي يمكن تعيين مركز ثقل جسم الإنسان لحظيا وذلك أثناء الأداء الحركي للمهارات المختلفة في أي رياضة من الرياضيات. وظهور هذه الفكرة كانت تابعة من معاناة الباحث نفسه في وقت من الاوقات من مشكلة استهلاك الوقت والجهد الذي كان يلاقيه من جراء تعيين مركز ثقل الجسم وإجراء الحسابات للمتغيرات الميكانيكية المرتبطة بالحركة وذلك بأسلوب يدوي للعديد من الاوضاع علي مدي المسار الحركي من بداية المهارة حتي نهايتها.

وبعد أن تبين للباحث أنه لا يوجد مثل هذه البرامج في المنطقة العربية وأن وجود هذه البرامج في أمريكا وأوروبا خاضع لشركات تضع مبالغ باهظة لتسويقها، ظهرت أهمية العمل من أجل حل مشكلة الحصول علي بيانات فورية يراعي فيها الدقة وبكميات وافية علي المسار الحركي، كما يراعي عند الحصول عليها السرعة وتوفير الجهد. لذا تم تصميم البرنامج بحيث يعمل علي التقاط البيانات الأساسية اللحظية المتعلقة باحداثيات النقاط التشريحية لمقاصد الجسم في الوضع الواحد من خلال جهاز تحديد الاحداثيات Digitizer لكل نقطة تشريحية (V) x Y ثم إرسال هذه البيانات إلي جهاز الحاسب الآلي في شكل رقمي لتخزينها حتي يتم التعامل معها حسابيا فيما بعد. يقوم البرنامج بعد ذلك بتنفيذ خطوات حساب مراكز ثقل أجزاء الجسم وتجميعها للحصول علي مركز ثقل جسم الإنسان الكلي في الوضع الواحد ومن ثم حساب أي متغيرات ديناميكية متعلقة بحركة الجسم.

أهداف البحث:

تصميم برنامج مقترح للحاسب الآلي لتحديد مركز ثقل أجزاء الجسم وتحديد مركز ثقل الجسم الكلي في أي لحظة خلال المسار الحركي للمهارة المؤداة.

تساؤلات البحث :

- ١- هل يمكن استخدام البرنامج المقترح في المساعدة علي تحديد مركز ثقل الجسم في الأوضاع اللحظية لمختلف أنواع الرياضات؟
- ٢- هل هناك متغيرات ميكانيكية متعلقة بالظواهر الحركية يمكن إلحاقها بالبرنامج المقترح تضمن حل مشكلات الأداء الحركي للمهارة؟

الدراسات السابقة:

الطريقة المستخدمة لتعيين مركز ثقل جسم الإنسان من خلال تجزئة الجسم تعتمد أساسا علي تقديرات لنسب أوزان أجزاء الجسم إلي الوزن الكلي، بالإضافة إلي تقديرات لنسب أبعاد مراكز ثقل هذه الأجزاء. وحتى يمكن الحصول علي هذه النسب قام عدد من الباحثين، منهم برونه وفيشر Braune & Fischer (!) ١٨٨٩، وديمبستر (٦) Dempster ١٩٥٥، وكلاوزر وآخرون (٣) Clauser & others ١٩٦٩، وشاندلير (٢) Chandler ١٩٧٥، بالإضافة إلي كليفلاند (٤) Cleavland ١٩٥٥، قاموا بإجراء تجاربهم عن طريق تجميد أجساد الموتى حديثي الوفاة ثم تقطيعها لأجزاء من نهايات الاطراف ليتم وزن هذه الأجزاء وحساب نسبة أوزانها لوزن الجسم الكلي، ثم يتم تعليق هذه الأجزاء من منتصفها وتحريكها حتي يحدث لها اتزان كامل وذلك لتحديد مراكز ثقلها.

وفي محاولات تجريبية أخري تم فيها استخدام أسلوب الغمر في الماء، قام كل من كليفلاند (٤) Cleavland ١٩٥٥، وديمبستر (٦) Dempster ١٩٥٥ بوضع علامات تشير إلي حدود نهايات أطراف أجزاء الجسم ثم عمر الجسم في الماء حتي الجزء المحدد بالعلامة الموضوعية ويتم حساب وزن من خلال معرفة مقدار الوزن المفقود وكم الماء المزاح. أما مركز ثقل الجزء، فقد تم تعيينه عند نقطة تمثل نصف مقدار الوزن المفقود. وفي محاولة للتوصل إلي نتائج أكثر دقة مما تم الحصول عليه عند حساب نسب أوزان أجزاء الجسم بالنسبة للوزن الكلي، وكذلك نسب أبعاد مراكز ثقل هذه الأجزاء، قام كل من هانافن (٨) Hanave ١٩٦٤، وويتست (١٠) Whitsett ١٩٦٣ بإجراء أبحاثهم معتمدين في ذلك علي الحسابات النظرية المرتبطة باستخدام أسلوب المضاهاة الرياضية فتم تشكيل الجسم من اثني عشرة جزءا تمثل أطراف الجانب

الايمن والجانب الايسر بالاضافة إلي الجذع والرأس مع اعتبار أن القدم والساق جزءا واحدا. وتم تمثيل كل جزء من أجزاء الجسم بشكل هندسي (اسطواني) بحيث يمكن حساب أبعاده ومساحاته باستخدام القوانين التي تطبق علي الاشكال الهندسية المنتظمة معتمدين في ذلك علي القياسات الجسمانية.

ومن خلال الاطلاع علي عدد من الابحاث التي تناولت المهارات المختلفة بالتحليل الحركي الميكانيكي تبين أن العديد من هذه الابحاث استعانت في إجراءاتها بالحاسب الآلي لتحديد مراكز ثقل أجزاء الجسم ومركز ثقل الجسم الكلي. أما البرامج المستخدمة لهذا الغرض فلم يتم الإشارة إليها علي اعتبار أن هذه البرامج يتم شراؤها لحساب المؤسسات العلمية وتوضع في مراكز الحاسب الآلي الخاصة بهذه المؤسسات. إلا أن كوير (5) Cooper ١٩٨٢ أشار في ملحقات كتابه "كينسيولوجي" إلي بعض خطوات برنامج لحساب مركز الثقل قام باعدادها شوشنزيار Scheuchnzuber الذي كتب هذه الخطوات بلغة الفورتران Fortran Lan- guage وبأسلوب الكروت المثقوبة التي كانت تستخدم من عهد بعيد وأصبحت عديمة القيمة في الوقت الحالي نظرا لانتشار أجهزة الحاسب الآلي الشخصي التي تفوق في سرعة تشغيلها الاسلوب القديم.

إجراءات البحث:

قامت إجراءات الدراسة علي عدد من العمليات مرتبة كالتالي:

أ- المنهج المستخدم:

تم الاستعانة بالمنهج الوصفي وذلك لمناسبة هذا المنهج لمشكلة البحث.

ب- عينة البحث:

نظرا لأهمية الدراسة كان لابد من تشغيل البرنامج علي أكثر من مهارة حركية في عدة رياضيات مختلفة. لذلك تم اختبار لاعب دولي واحد بعد استبعاد الأداء غير المتميز بالقوة والجدية من اللاعبين الاخرين واستبعاد المحاولات الفاشلة لكل رياضة من الرياضيات التنافسية التالية:

- | | |
|---------------|-----------------------------|
| ١- السباحة | (البداء الخاطف) |
| ٢- الغطس | (الارتقاء من السلم المتحرك) |
| ٣- الجمباز | (جهاز العقلة) |
| ٤- سلاح الشيش | (الطعن من الثبات) |

* إعداد اللاعبين:

قام الباحث بإعداد اللاعبين الممثلين لعينة الدراسة وذلك قبل القيام بعملية التصوير السينمائي. وقد تمثل هذا الأعداد في تحديد بعض القياسات الجسمانية مثل الوزن والطول. كذلك قام الباحث بتحديد نقاط نهايات الاطراف التي سيتم نقل إحداثياتها وذلك لوضع العلامات الملونة عليها حتي تظهر هذه النقاط بوضوح عند تحليل الفيلم السنمائي المحتوي للمهارة. ثم وضع العلامات الملونة علي ستة نقاط علي الجلد هي الكتف، المرفق، الرسغ، الحوض، الركبة، كعب القدم وذلك بالنسبة للاعبين الممارسين لرياضات السباحة والغطس والجمباز. أما بالنسبة لرياضة سلاح الشيش فقد أضيف ستة نقاط أخرى ثم وضعها علي الجانب الآخر من الجسم.

ج - أدوات جمع البيانات:

تم جمع بيانات الدراسة من خلال استخدام العمليات التالية:

١- التصوير السنمائي Cinematography

قبل الشروع في القيام بعملية التصوير كان لابد من مراعاة العوامل التي تضمن القيام بالتحليل الحركي بأسلوب فعال. من هذه العوامل أن تكون الكادرات المصورة واضحة، كافية من حيث عددها، محددة بالزمن، محددة الأبعاد، وتحتوي علي اللاعب الذي يؤدي المهارة بشكل يساعد علي تحديد الاحداثيات بدقة، لذلك تم تصوير الرياضات المطبقة في هذه الدراسة باستخدام كاميرا سنمائية ١٦ مللي وتحددت سرعتها ب ٦٤ كادر / ثانية. تم وضع الكاميرا علي حامل ثابت وعلي بعد وارتفاع يتلاءم مع نوعية الحركة. تطلبت بعض الرياضيات مثل الجمباز وسلاح الشيش أن يكون هناك إضاءة صناعية إضافية حتي تكون الكادرات واضحة. أما باقي الرياضيات فقد تم تصويرها أثناء النهار وفي الضوء الطبيعي. تم استخدام مسطرة مقياس رسم معروفة الأبعاد حتي يمكن حساب ثابت التناسب وتحويل القيم المأخوذة من الفيلم إلي قيمها الحقيقية.

٢- الحاسب الآلي: Personal Computer

تم استخدام جهاز حاسب آلي شخصي Supercom Personal Computer ماركة sx8086 متوافقا مع كمبيوتر أي. بي. إم وسرعة في حدود ايجابية وذاكرة تصل إلي ٢ ميجابايت.

٢- جهاز تحديد الإحداثيات : Digitizer

قام الباحث باستخدام جهاز الكتروني يعمل علي تحويل النقاط المرسومة إلي احداثيات رقمية لكل من المحور الافقي والرأسي بدرجة عالية من الدقة وبحيث تكون مناسبة لإدخالها إلي جهاز الحاسب الآلي من خلال وحدة الداخل المتبادل RS-232C الجهاز ياباني الصنع ماركة KD4030B ويسمح بمساحة عمل تصل إلي ٤٥٠ x ٢٢٠ مللي، وتصل نسبة الخطأ في انحراف النقاط عند أطراف الجهاز إلي ± 2 مللي.

* كيفية تحديد الإحداثيات (Digitization Process)

تبدأ عملية تحديد الإحداثيات لنقاط الجسم المختارة عندما يتم عرض كادر من الفيلم علي سطح جهاز القياس بحيث يكون الكادر في منتصف السطح تقريبا حتي يمكن تفادي حدوث أي انحرافات قياسية، وتكون الصورة المعروضة مكبرة لأقرب ما يمكن من الحجم الطبيعي للجسم لتفادي أخطاء تحديد النقاط بدقة. وقد تمت هذه العملية من خلال استخدام جهاز عرض سنمائي ١٦ مللي تم وضعة ارتفاع مترين من سطح جهاز تحديد الإحداثيات، حتي يمكن عرض الفيلم رأسيًا ثم استخدام مرآة عاكسة وضعت بزاوية ٤٥ درجة في مواجهة عدسة جهاز العرض السينمائي لتسقط الصورة عمودية تماما علي سطح الجهاز.

تم عرض الفيلم عدة مرات بالسرعة العادية والبطيئة لتحديد أبعاد الحركة وحدودها وتحديد الشكل العام للتركيب الحركي الذي يتمثل في الأوضاع والمراحل الأساسية من المهارة من بداية ونهاية وارتقاء وطيوان ... الخ. كذلك تم تحديد التسلسل المناسب الذي سيتبع عند تحليل الكادرات.

بدأت الخطوة التالية بتحديد إحداثيات كل نقطة تم اختيارها من علي الجسم بدءا من الرأس ومارا علي نهايات الاطراف وذلك علي كل كادر من الفيلم، هذه الإحداثيات التي يتم نقلها من الجهاز يقوم الحاسب الآلي بتنفيذ التقاطها في شكل كرتيزي يتمثل في قيمتين الأولى تحدد المركبة الأفقية والثانية تحدد المركبة الرأسية . بعد الإنتهاء من تحديد إحداثيات كل النقاط المطلوبة من علي الجسم يتم إدخال زمن الكادر الي الحاسب الآلي . تستمر هذه العملية بانتظام حتي ينتهي اللاعب من إتتمام المهارة . أثناء عملية تحديد الاحداثيات قام الباحث بمراعاة تسجيل أزمنة المراحل والاجزاء الأساسية الحرجة من المهارة حتي يمكن الرجوع اليها عند حساب المتغيرات الميكانيكية الاخرى . كذلك تم تحديد احداثيات مسطرة مقياس

الرسم في كل كادر من الفيلم . وبعد الانتهاء من عملية تحديد الاحداثيات تم تأمين حفظ البيانات علي اسطوانة الحاسب الآلي التي تم التسجيل عليها .

٤- جهاز عرض سينمائي ١٦ مللي : 16mm Projector

قام الباحث باستخدام جهاز للعرض السينمائي لأفلام مقاس ١٦ مللي ، روعي في الجهاز المستخدم أن يشتمل علي مزايا عرض الفيلم للأمام وللخلف وتثبيت الكادر الواحد مع القدرة علي النقل من كادر الي آخر أثناء ثبات حركة الفيلم . واشتمل الجهاز علي عدسة مقاس ٥٠ مللي ومصباح هالوجين يوضع أمامها مصفاة لامتناس درجة حرارتها حتي لا يتأثر الكادر أثناء التشغيل لفترة طويلة .

٥- مرآة عاكسة للفيلم السينمائي : Reflecting Mirror

قام الباحث بتصميم حامل بمرآة عاكسة وضع أمام عدسة جهاز العرض السينمائي بحيث تكون المرآة عاكسة لها حرية الحركة ليتم تحديد زاوية ميلها لتكون ٤٥ درجة حتي يتم اسقاط الصورة من الفيلم عموديا تماما علي جهاز تحديد الاحداثيات . روعي أن تكون أبعاد المرآة ٢٠ سم X ٢٠ سم ٦ مللي ومن نوع زجاج جيد Plexi glass حتي يمكن تلافي أخطاء انكسار وانحراف وتشتت إشعاعات الضوء (٧) . وساعدت هذه الطريقة في وضع جهاز تحديد الاحداثيات بالاسلوب الذي اوصت به الشركة المنتجة له حتي يمكن الحصول علي أفضل النتائج باقل مقدار ممكن من الاخطاء .

٦- تصميم برنامج الحاسب الآلي "EID1"

Development of the Computer Program "EID1"

قام الباحث بكتابة برنامج للحاسب الآلي أطلق عليه إسم "EID1" وذلك بلغة البيسك Basic Language . وقد استخدم الباحث هذه اللغة حتي يمكن للباحثين استخدامها ولكثرة تداولها من بين لغات الحاسب الآلي الأخرى.

البرنامج يقوم أساسا بتحديد موضع مركز ثقل جسم الانسان اثناء حركته اللحظية وفي كل وضع من الاوضاع التي يتم فيها تحديد إحداثيات نقاط الجسم المختلفة . وقد استخدم الباحث الحسابات الخاصة بطريقة أجزاء الجسم Segmentation

(٩) و (٥) التي تعتمد علي توفر المعلومات المتعلقة بالاوزان النسبية للأجزاء الخاصة بأطراف الجسم (العضد ، الساعد ، اليد ، الفخذ .. الخ) بالإضافة الي نسب مواقع مراكز ثقل هذه الاجزاء لبعضها البعض . وتم الاستعانة بجداول كلاوزر (٣) Clauser et al ١٩٦٩ للأوزان النسبية (جدول ١) ، ونسب مواقع مراكز ثقل الاجزاء (جدول ٢) حيث أنها بدت أفضل الجداول التي يمكن تطبيقها أثناء التحليل الحركي للمهارات الرياضية .

جدول (٢)

نسبة مواقع مراكز ثقل أجزاء الجسم لبعضها البعض

Segment	Center of Gravity Location
Head	46.4% To Vertex
Trunk	38.4% Suprasternal notch
Upper arm	51.3% To Soulder axis
Forearm	39.0% To Ellow axis
Hand	82.0% To Wrist axis
Thigh	37.2% To Hip axis
Calf	37.1% To Knee axis
Foot	44.9% To Heel

جدول (١)

نسبة أوزان اجزاء الجسم لورزن الجسم الكلي

Segment	Relative Weigh
Head	(0.07)
Trunk	(0.507)
Upper arm	(0.026)
Forearm	(0.016)
Hand	(0.007)
Thigh	(0.103)
Calf	(0.043)
Foot	(0.015)

وقد قام الباحث بتغذية الحاسب الالي بالبيانات السابقة Input data ليقوم بتنفيذ قراءتها أثناء العمليات الحسابية لتحديد مركز ثقل اجزاء الجسم . وبمجرد قيام الحاسب الالي بتنفيذ قراءة بيانات الاحداثيات وقراءة بيانات جداول كلاوزر يتم تحديد مراكز ثقل أجزاء الجسم التي يتم تجميعها بأسلوب التدوير لينتج موقع مركز ثقل الجسم الكلي في الوضع الواحد ، ثم يتم الانتقال الي الوضع التالي بأسلوب التدوير ليعيد العملية مرة أخرى .. وهكذا حتي تنتهي بيانات إحداثيات النقاط .

بمجرد تحديد موقع مراكز ثقل اجزاء الجسم ومركز ثقل الجسم الكلي يصبح في الامكان كتابة المعادلات الخاصة بالمتغيرات الميكانيكية المطلوب حسابها لأي جزء من أجزاء الجسم أو للجسم كله متمثلا في مركز ثقله . وفي الشكل رقم (١) توضيح لخريطة البرنامج .

٧- المعادلات المستخدمة لحساب المتغيرات الميكانيكية :

تم حساب السرعة الخطية والعجلة والقوة باستخدام طريقة الفروق المحدودة في تسلسل حسابي يعتمد علي توفر المعلومات الخاصة بالازاحات الخطية وأزمنة حدوث هذه الازاحات . نتائج الفروق (D) بين كل من الاحداثيات (X) و (Y) لنقطة ما (P) في صورتين متتاليتين من الفيلم يمكن حسابه كالتالي :

$$Dx= X2-X1 \quad (1)$$

$$Dx= Y2-Y1 \quad (2)$$

وبالمثل ، يتم حساب ناتج الفروق بين أزمنة حدوث هذه الازاحات بين كل صورتين .

$$Dt=t2-t1 \quad (3)$$

هذه الحسابات يتم تنفيذها علي كل زوج من كادرات الفيلم حتي يمكن حساب مركبات السرعة الافقية V_x ، والرأسية V_y وذلك بقسمة الازاحات من المعادلة (١) ، (٢) علي أزمنة حدوث هذه الازاحات .

$$V_x=Dx/Dt \quad (4)$$

$$V_y=Dy/Dt \quad (5)$$

وكذلك حساب محصلة السرعة V_R

$$V_R=\sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (6)$$

مركبات العجلة يمكن الحصول عليها باخذ الفروق بين قيم السرعة المحسوبة وقسمتها علي فروق أزمنة حدوث هذه السرعات .

$$A_x=(V_x2- V_x1)/ Dt \quad (7)$$

$$A_y=(V_y2- V_y1) / Dt \quad (8)$$

وكذلك عرض حساب محصلة العجلة A_r

$$A_r=\sqrt{A_x^2 + A_y^2} \quad (9)$$

أما الطاقة فقد أمكن حسابها باستخدام المعادلة التالية :

$$KE=1/2 MV^2 \quad (10)$$

حيث تعبر (KE) عن طاقة الحركة و (M) عن كتلة الجسم ، (V) عن سرعة مركز ثقل الجسم المحسوبة من المعادلات ٦،٥،٤.

عرض ومناقشة النتائج :

قام الباحث بإجراء عدد من التطبيقات علي رياضات مختلفة تم فيها تشغيل البرنامج المقترح لتعيين مركز ثقل الجسم لحظيا أثناء الأداء الحركي . وقد تمكن الباحث أيضا من إجراء حسابات لبعض المتغيرات الميكانيكية التي تتصف بها كل رياضة علي حدة وذلك حتي يمكن عكس صورة واضحة عن المنحني الخصائصي لكل رياضة من الرياضات المختارة والتي يتم التوصل اليه من خلال الاستخدام الافضل لقوانين الميكانيكا ومواعاة خصائص الجهاز الحركي للإنسان مع معرفة الهدف الاساسي عند أداء المهارة الحركية . وقد تم إدخال هذه الحسابات ضمن خطوات تشغيل البرنامج حتي يقوم بتنفيذها بعد قراءة بيانات الاحداثيات الخاصة بالمهارة.

وسيتم عرض ومناقشة النتائج التي تم التوصل اليها بعد معالجة البيانات الخاصة بالمهارات التالية :

- ١- البدء الخاطف في رياضة السباحة
 - ٢- الارتقاء من السلم المتحرك في رياضة الغطس
 - ٣- الطعن من الثبات ومن الحركة في رياضة السلاح
 - ٤- الدوة الامامية الكبرى علي جهاز العقلة في رياضة الجمباز
- ١- البدء الخاطف (سباحة) :

أظهرت النتائج التي تم التوصل اليها من جراء تشغيل البرنامج المقترح لتعيين مراكز ثقل الجسم في الاوضاع اللحظية أثناء أداة مهارة البدء الخاطف في سباحة الزحف علي البطن تطابقا بدرجة كبيرة مع مراحل الاداء الحركي لهذه المهارة ، فيشير الجدول رقم (٣) الي ان زمن اداء المهارة الكلي من لحظة الثبات علي مكعب البدء حتي لحظة الدخول في الماء كان (٠،٦٩ من الثانية) حيث تم

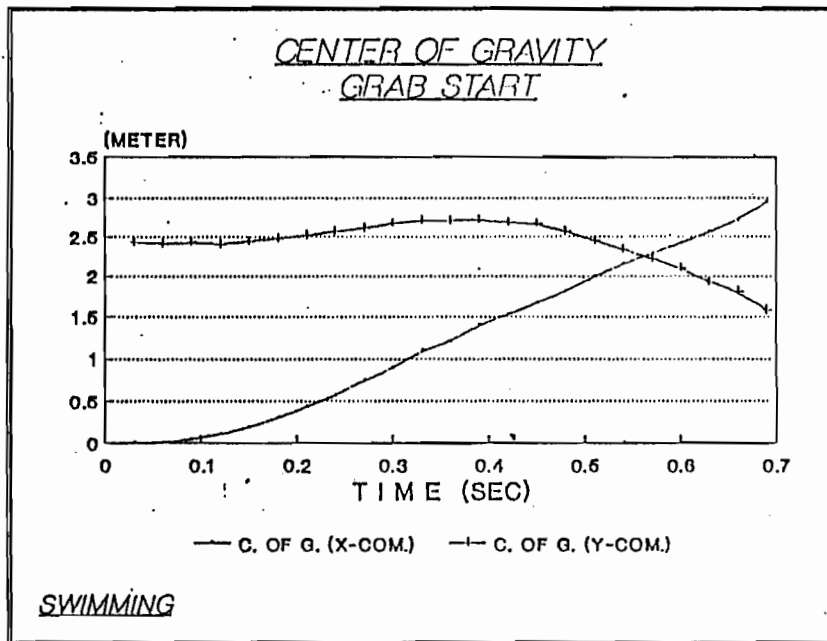
تعيين مركز ثقل الجسم في ٢٣ وضع بتسلسل زمني منتظم بحيث كان الزمن بين كل وضع وآخر (٠,٢ من الثانية) . ويشير نفس الجدول الي ان قيم المركبات الافقية لمركز ثقل جسم السباح حيث تبدأ حركة الجسم من الثبات ، ثم تزداد هذه الحركة ببطء تدريجي أثناء ميل السباح علي المكعب وذلك في الاوضاع الاولي من المهارة حتي يصل اللاعب الي لحظة الانطلاق التي تم تسجيل زمنها أثناء عملية تحديد إحداثيات نهايات أطراف الجسم وتمثلت هذه اللحظة عند الزمن (٠,٣٦ من الثانية) والوضع رقم (١٢) . وهنا تبدأ قيم الازاحة الافقية في الزيادة بدرجة واضحة حتي يصل الجسم الي الماء في الوضع الاخير .وبالنظر الي منحنى الازاحة الافقية مع الزمن في شكل (٢) يمكن ملاحظة انتظام التسلسل الزمني بين اجزاء المسار الحركي بالإضافة الي التدرج في الانتقال أفقيا حتي نقطة الدخول عند الزمن (٠,٦٩ من الثانية) . وتجدر الإشارة هنا الي ان تشتت النقاط علي المنحنى تكاد تكون منعدمة مما يوضح دقة الحسابات التي تم استخدامها في البرنامج المقترح لتعيين مركز ثقل الجسم .

يشير الجدول رقم (٣) أيضا الي قيم المركبات الرأسية لمركز ثقل جسم السباح أثناء أدائه لمهارة البدء الخاطف . وتظهر هذه القيم أن السباح يظل محتفظا ببعده الرأسي أثناء فترة الارتكاز الاولي والتي يتحرك فيها أفقيا ببطء ثم يبدأ الجسم في الارتفاع التدريجي حتي يقوم بالاعداد للحظة الانطلاق التي يصل الجسم فيها لاعلي نقطة عند الوضع (١٢) ثم تبدأ القيم في الانخفاض مرة أخرى حتي يصل الجسم الي نقطة الدخول في الماء . ويشير المنحنى في الشكل رقم (٢) الي مسار المركبة الرأسية لمركز ثقل جسم السباح حيث يظهر التطابق الواضح مع خصائص مراحل الاداء الحركي للمهارة .

وحتى يمكن الاستفادة الكاملة من عملية تشغيل البرنامج المقترح ، قام الباحث باجراء عدد من الحسابات التي امكن من خلالها تحديد بعض المتغيرات الميكانيكية الملائمة للظاهرة الحركية محل الدراسة والتي تمثلت في السرعة المحصلة لمركز ثقل الجسم بالإضافة الي مركباتها الافقية والرأسية . وكذلك تم حساب التغير الحادث في عجلة الجسم والقوة المبذولة مع المركبات الافقية والرأسية من لحظة بدء الحركة حتي لحظة الانطلاق من مكعب البدء (مرحلة الارتكاز) . ويشير الجدول رقم (٤) الي قيم مركبات السرعة الافقية والرأسية لمركز الثقل بالإضافة الي قيم السرعة المحصلة . بالنظر الي قيم السرعة الافقية يتضح انها تزايد بدرجة واضحة فتبدا مقتربة من الصفر وتصل الي (٣,٢م/ت) عند لحظة الانطلاق ثم تنتهي عند(٤,٣م/ت) عند نقطة الدخول . اما قيم السرعة الرأسية فيظهر واضحا انها

جدول رقم (٣) الازاحة الافقية والرأسية لمركز ثقل الجسم
أثناء أداء البدء الخاطف

FRAME	TIME	X-CG	Y-CG
1	.03	0	2.427033
2	.06	3.800392E-03	2.405608
3	8.999999E-02	5.009508E-02	2.425084
4	.12	.1087737	2.404543
5	.15	.1795158	2.442486
6	.18	.2985649	2.475451
7	.21	.4279433	2.52157
8	.24	.573443	2.573448
9	.27	.748919	2.606254
10	.3	.8934021	2.669949
11	.33	1.078499	2.708568
12	.36	.7831464	2.559344
13	.39	1.402999	2.72039
14	.42	1.533429	2.680088
15	.45	1.659559	2.665007
16	.48	1.809745	2.566324
17	.51	2.006712	2.453586
18	.54	2.150411	2.344796
19	.57	2.291679	2.223702
20	.6099999	2.417442	2.096302
21	.6299999	2.558287	1.922189
22	.6599999	2.706839	1.808174
23	.6899998	2.946728	1.580921



شكل رقم (٢) منحنيات الازاحة الافقية والرأسية لمركز ثقل الجسم أثناء أداء البدء الخاطف

تتذبذب ما بين الزيادة والنقصان وذلك تبعا للمراحل التي تؤدي فيها المهارة ، فتزيد السرعة في الاتجاه الراسي حتي يصل الجسم الي لحظة الانطلاق ثم تقل لتصل الي ادنى قيمة لها اثناء فترة الطيران قبل ان يتحول الجسم بتاثير الجاذبية الارضية الي الاتجاه لاسفل وبالتالي تزداد السرعة مرة اخري حتي لحظة الدخول في الماء . ويشير نفس الجدول الي قيم السرعة المحصلة لمركز ثقل جسم السباح والتي يبدو فيها انها معتمدة بدرجة كبيرة علي مقادير المركبة الافقية للسرعة ، ويظهر ذلك واضحا من الشكل رقم(٣) الذي يحوي منحنيات مركبات السرعة ومحصلتها .

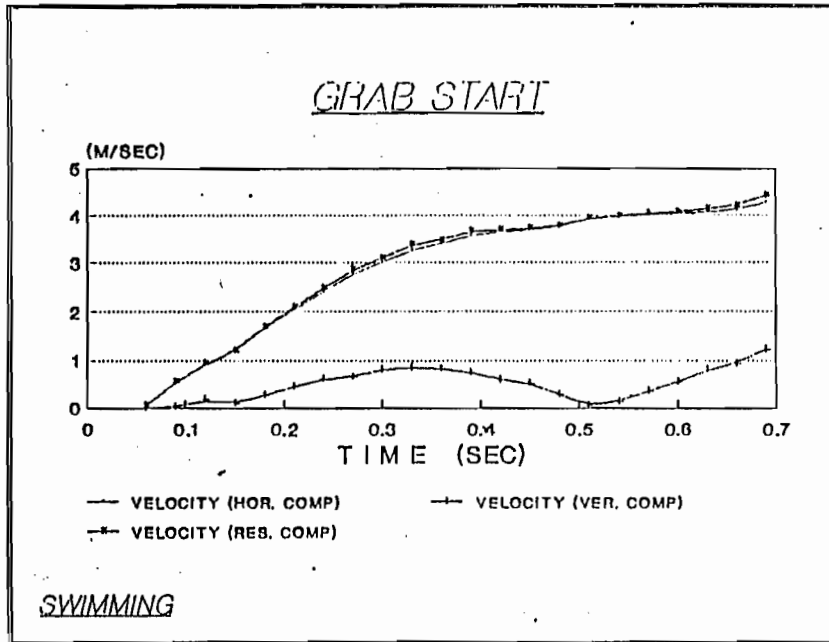
اما بالنسبة لمتغيرات العجلة والقوة اثناء مرحلة الارتكاز ، فتشير النتائج الي امكانية تشغيل البرنامج المقترح لتنفيذ حسابات هذه المتغيرات . وقد ظهر من الجدول رقم (٥) الخاص بقيم العجلة ، والجدول رقم(٦) الخاص بقيم القوة وكذلك من منحنيات العجلة والقوة في الشكلين رقم (٤و٥) علي التوالي ، ان هناك تشتت لبعض القيم في المركبة الافقية وبالتالي ظهر ذلك واضحا في المحصلة . وقد توقع الباحث حدوث مثل هذا التشتت وخاصة ان قيم القوة تم استخراجها من حسابات تغير الازاحة اتبعها حسابات التغير في السرعة وتلاها حسابات العجلة ، بالتالي فاي نسبة خطأ يمكن حدوثها عند حساب متغيرات الازاحة -ولو كانت هذه النسبة صغيرة جدا وحدودة للغاية - ستظهر بصورة مكبرة ومذبذبة عند حساب مقادير القوة . الا ان نسبة الخطأ يمكن اعتبارها هنا مقبولة بدرجة كبيرة خاصة اذا كان التصوير السينمائي هو الوسيلة المستخدمة للحصول علي البيانات الاساسية .

علي ذلك يتضح من خلال عرض ومناقشة النتائج الخاصة بمهارة البدء الخاطف في سباحة الزحف علي البطن ان البرنامج المقترح يمكن تشغيله للحصول علي بيانات فورية وعلي درجة مقبولة من الدقة تتعلق بالازاحات اللحظية للمركبات الافقية والراسية لمركز ثقل جسم السباح ، بالاضافة الي امكانية الحصول علي قيم للمتغيرات الميكانيكية ايا كان مدي تعقيدها بشكل فوري وبصورة تطابق الخصائص الحركية للمهارة .

جدول (٤) مقادير السرعة المحصلة ومركباتها أثناء أداء البدء

الخاطف

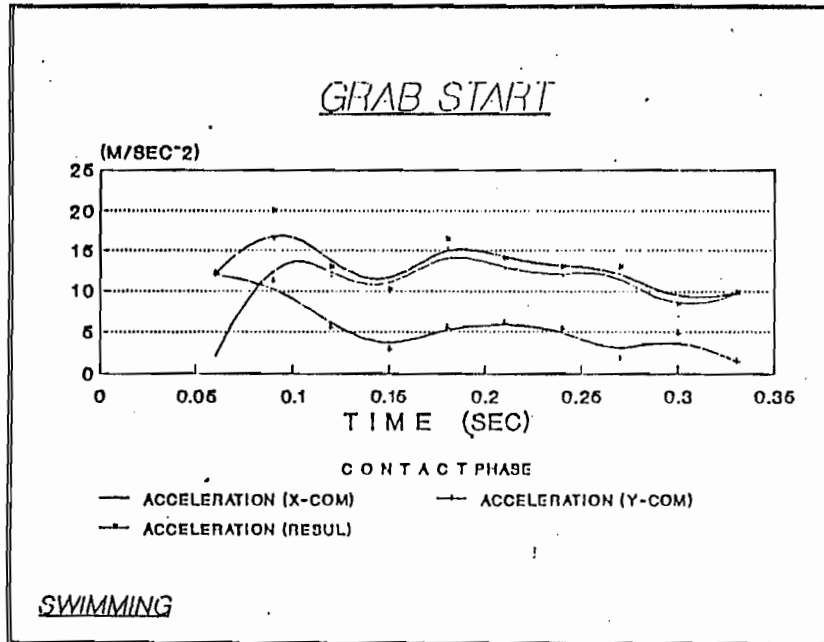
FRAME	TIME	VX	VY	VR
2	.06	6.333988E-02	.3570875	.3626616
3	8.999999E-02	.556612	2.165106E-02	.557033
4	.12	.9064476	.1874169	.9256199
5	.15	1.196772	.1030223	1.201198
6	.18	1.650694	.2689905	1.680364
7	.21	2.037825	.4501752	2.086957
8	.24	2.389346	.6100615	2.465999
9	.27	2.773775	.6637813	2.852092
10	.3	2.978007	.8097204	3.086126
11	.33	3.268178	.8531354	3.377695
12	.36	3.175407	.3675309	2.206235
13	.39	3.597432	.7521978	3.675231
14	.42	3.651022	.6025116	3.700403
15	.45	3.687909	.52883	3.725632
16	.48	3.770302	.2901887	3.781453
17	.51	3.93473	5.206501E-02	3.935075
18	.54	3.982244	.1522916	3.985165
19	.57	4.020489	.3567219	4.036284
20	.5999999	4.02907	.5512187	4.066601
21	.6299999	4.060774	.8013396	4.139085
22	.6599999	4.101272	.9376656	4.207095
23	.6899998	4.270622	1.226249	4.443186



شكل رقم (٣) منحنيات السرعة الأفقية والرأسية والمحصلة أثناء أداء البدء الخاطف

جدول رقم (٥) مقادير العجلة ومركباتها أثناء أداء البدء الخاطف

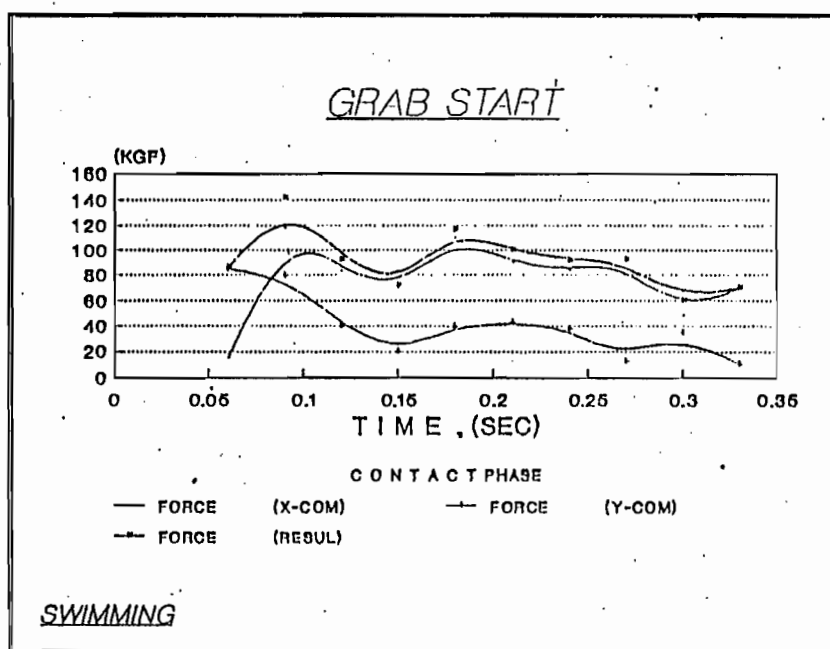
FRAME	TIME	AX	AY	AR
2	.06	2.111329	11.90292	12.08872
3	8.999999E-02	16.4424	11.18121	19.88397
4	.12	11.66119	5.525528	12.90406
5	.15	9.677492	2.813154	10.07808
6	.18	15.39739	5.532274	16.3611
7	.21	12.6377	6.03949	14.00667
8	.24	11.71736	5.329546	12.87247
9	.27	12.81429	1.790657	12.9388
10	.3	6.807757	4.86464	8.367213
11	.33	9.672356	1.447167	9.780018
12	.36	0	0	0
13	.39	0	0	0
14	.42	0	0	0
15	.45	0	0	0
16	.48	0	0	0
17	.51	0	0	0
18	.54	0	0	0
19	.57	0	0	0
20	.6999999	0	0	0
21	.6299999	0	0	0
22	.6599999	0	0	0
23	.6899998	0	0	0



شكل رقم (٤) منحنيات العجلة الافقية والرأسية والمحسبة أثناء أداء البدء الخاطف

جدول رقم (٦) مقادير القوة ومركباتها أثناء الارتكاز على مكعب البدء

FRAME	TIME	FX	FY	FR
2	.06	15.06555	84.93416	86.25996
3	8.999999E-02	117.326	79.7844	141.8836
4	.12	83.20928	39.42782	92.07788
5	.15	69.05448	20.07347	71.9129
6	.18	109.8693	39.47696	116.7459
7	.21	90.17723	43.09524	99.94565
8	.24	83.61011	38.02938	91.85251
9	.27	91.43735	12.77737	92.32578
10	.3	48.57727	34.712	59.70489
11	.33	69.01783	10.32637	69.78606
12	.36	0	0	0
13	.39	0	0	0
14	.42	0	0	0
15	.45	0	0	0
16	.48	0	0	0
17	.51	0	0	0
18	.54	0	0	0
19	.57	0	0	0
20	.5999999	0	0	0
21	.6299999	0	0	0
22	.6599999	0	0	0
23	.6899998	0	0	0



شكل رقم (٥) منحنيات القوة أثناء الارتكاز على مكعب البدء

٢- الارتقاء من السلم المتحرك (غطس) :

حتى يمكن الكشف عن مدي فاعلية البرنامج المقترح ، قام الباحث بتشغيله لتنفيذ تعيين مركز ثقل الجسم اثناء الارتقاء من السلم المتحرك في الرياضة الثانية من الرياضات وهي الغطس . وقد اختار الباحث هذه المهارة التي تؤدي علي السلم المتحرك حتي يظهر مدي استجابة البرنامج في استخراج نتائج فورية لظاهرة حركية متغيرة الاتجاهات وتتم في فترة زمنية طويلة تحتوي علي عدد كبير من الاوضاع التي تعيين ثقل الجسم فيها .

فقد اظهرت النتائج التي تم التوصل اليها ان عدد الاوضاع التي تم تحديد مركز الثقل فيها ٤٠ وضع ، كما هو موضح في الجدول رقم (٧) - استغرق اداء المهارة فيها زمنا يصل الي ٢ ثانية ، وبتسلسل زمني منتظم بين الوضع والآخر يصل الي ٠.٥ من الثانية . ويشير نفس الجدول الي قيم المركبة الافقية لازاحة مركز ثقل الجسم والتي يعبر عنها ايضا في الشكل رقم (٦) . ويظهر واضحا من خلال تتبع هذه القيم ان الجسم يبدئ حركته من الثبات ثم يتدرج في إزاحته الافقة حتي يصل إلي الماء . أما المركبة الرأسية فيظهر منها مراحل الأداء الحركي متمثلا في حركة مركز الثقل لأعلي نقطة عند الوضع الثامن في زمن ٠.٤ من الثانية ، ثم يبدأ مرحلة الهبوط علي السلم مرة أخرى ليأخذه الي أعماق نقطة في هذه المرحلة عند الوضع ١٧ وفي زمن ٠.٨٥ من الثانية ، وهنا تبدأ المرحلة الثالثة من المهارة التي يرتفع فيها الجسم الي أعلي نقطة مرة أخرى عند الوضع ٣٠ بزمن ١.٥ ثانية ، ثم يبدأ الجسم في الهبوط لإنهاء المهارة ويصل الي الماء فقط الوضع الأخير بعد ٢ ثانية من بدايتها .

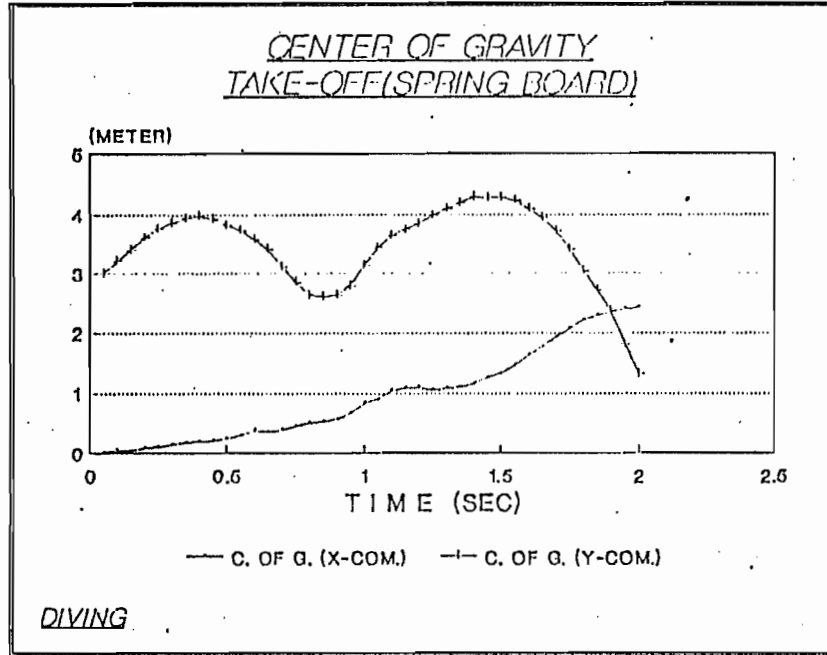
ومما يجدر الإشارة اليه هنا هو أن عدد النقاط التي يقوم البرنامج بقراءة إحدائياتها في هذه المهارة هي (١٧) نقطة تمثلت في نهايات أطراف الجزء الايمن والايسر من الجسم بالاضافة الي الرأس والجذع ، وذلك يؤكد مدي استجابة البرنامج المقترح لتقبل عدد كبير من النقاط الموزعة علي أجزاء الجسم بالإضافة الي امكانية تنفيذه لحسابات متعلقة بعدد كبير من الاوضاع اللحظية عند الحاجة لتعيين مركز الثقل في هذه الاوضاع .

٣- الطعن من الثبات ومن الحركة (سلاح الشيش):

قام الباحث بتشغيل البرنامج المقترح لقراءة قيم الاحداثيات الافقية والرأسية لعدد سبعة عشر نقطة تمثل نهايات أطراف الجسم والجذع والرأس وذلك

جدول رقم (٧) الانزاحة الافقية والرأسية لمركز ثقل الجسم أثناء الارتقاء من السلم المتحرك

FRAME	TIME	X-CG	Y-CG
1	.05	0	2.999999
2	.1	6.060219E-02	3.20926
3	.15	.0439868	3.393883
4	.2	.103251	3.596713
5	.25	.1144986	3.758076
6	.3	.1522293	3.869238
7	.35	.1864128	3.942396
8	.4	.2024641	3.984715
9	.4500001	.2073727	3.932009
10	.5000001	.2496719	3.822026
11	.6500001	.2976117	3.741041
12	.6000001	.3685546	3.5682
13	.6500001	.3641791	3.403232
14	.7000001	.3878574	3.113583
15	.7500001	.4571357	2.850993
16	.8000001	.5118156	2.629505
17	.8500001	.5338264	2.609119
18	.9000001	.5661926	2.626117
19	.9500002	.664342	2.794452
20	1	.8497362	3.130473
21	1.05	.8894176	3.426867
22	1.1	1.051669	3.644346
23	1.15	1.094712	3.747902
24	1.2	1.095316	3.85227
25	1.25	1.049125	3.998477
26	1.3	1.087278	4.10537
27	1.35	1.097729	4.211597
28	1.4	1.161331	4.294735
29	1.45	1.274621	4.27772
30	1.5	1.326985	4.290083
31	1.55	1.45889	4.239637
32	1.6	1.630625	4.100485
33	1.65	1.774137	3.952684
34	1.7	1.933524	3.723581
35	1.749999	2.069709	3.403566
36	1.799999	2.211512	3.04057
37	1.849999	2.286188	2.72342
38	1.899999	2.331761	2.364755
39	1.949999	2.400067	1.823043
40	1.999999	2.424859	1.33222



شكل رقم (٦) منحنيات الازاحة الافقية والرأسية أثناء الارتقاء
من السلم المتحرك

عند أداء مهارة الطعن في سلاح الشيش . وهذه المهارة تعتبر من أهم المهارات التي يجب علي لاعب السلاح اتقانها حتي يضمن لنفسه الفوز بالمباريات . وقد تم تحديد مركز ثقل جسم اللاعب عند أداء هذه المهارة من الثبات ثم من الحركة حتي يمكن معرفة مدى دقة الحسابات في اظهار الفروق بين الحركتين .

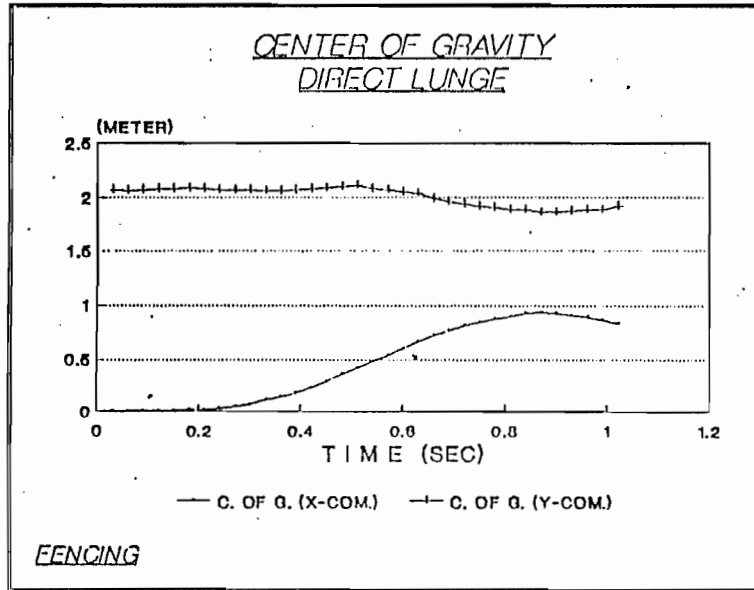
أظهرت النتائج التي تم التوصل اليها من خلال دراسة هذه المهارة أن هناك فروقا واضحة بين أداء الطعن من الثبات وأداؤه من الحركة . فتشير قيم الإزاحة الأفقية لمركز ثقل الجسم في الجدول رقم (٨) والجدول رقم (٩) ان الحركة بدأت بقيمة تقترب من الصفر عند أداء كلتا الحركتين . ثم بدأت قيم الإزاحة الأفقية في الزيادة القليلة نسبيا عند أداء الطعن من الثبات علي الرغم من الزيادة الكبيرة الواضحة عند أداء الطعن من الحركة فتنتهي حركة الطعن من الثبات عند زمن

١,٠٢ ثانية وبإزاحة أفقية ٠,٨٤ م ، بينما ينتهي الطعن من الحركة عند نفس الزمن تقريبا ولكن بإزاحة أفقية كبيرة وصلت الي ١,٤٣ م. وتظهر هذه الفروق واضحة عند مراجعة الشكلين (٨,٧) لحركتي الطعن من الثبات والحركة علي التوالي . أما بالنسبة للمركبة الرأسية للإزاحة فالقيم تشير الي ان الفروق محدودة جدا عند مقارنة الأداء من الثبات بالأداء من الحركة وذلك علي مدي المسار الحركي للمهارة .

وحتى يمكن الإستفادة الكاملة من إمكانية الحصول علي بيانات فورية لمتغيرات ميكانيكية متعددة ومختلفة عن تلك التي سبق حسابها في الرياضات السابقة قام الباحث بحساب مقادير التغير الزاوي الحادث بين الساعد والعضد ، بين العضد والجذع وذلك للذراع الطاعنة ، بالإضافة الي التغير الزاوي الحادث بين الفخذ والساق لكل من الرجل الطاعنة (الامامية) والرجل المفرودة (الخلفية) . بعد إدخال هذه الحسابات ضمن خطوات البرنامج أمكن الحصول علي النتائج المشار اليها في جدول (١٠) لحركة الطعن من الثبات والتي تم تمثيل القيم فيه في الشكل رقم (٩) لمنحنيات التغير الزاوي ، وكذلك في جدول رقم (١١) لأداء الطعن من الحركة والتي تم تمثيل القيم فيه في شكل رقم (١٠) . هذه النتائج أظهرت مدى دقة تطابق التغير الزاوي الذي تم حسابه مع واقع الاداء الحركي لكل مفصل من المفاصل . كذلك أظهرت النتائج فروقا واضحة بين حركتي الطعن من الثبات والحركة . فعلي الرغم من تساوي زمن أداء الحركتين ، إلا ان التغير في زوايا المرفق (العضد - الساعد) كان سريعا عند الأداء من الحركة فكان علي سبيل المثال ١٢٣ درجة عند الوضع العاشر في حين كان ثابتا عند ٨٣ درجة عند نفس الوضع

جدول رقم (٨) مقادير الاراحة أثناء الطعن من الشبكات

FRAME	TIME	X-CG	Y-CG
1	.03	3.004074E-05	2.071834
2	.06	4.357577E-03	2.063059
3	8.999999E-02	8.744955E-03	2.070813
4	.12	8.626984E-03	2.079598
5	.15	1.433873E-02	2.078201
6	.18	.0249331	2.090295
7	.21	2.472329E-02	2.077563
8	.24	3.395629E-02	2.0734'
9	.27	5.484224E-02	2.073757
10	.3	6.828738E-02	2.069121
11	.33	.1156287	2.064794
12	.36	.1355312	2.069606
13	.39	.1788738	2.07133
14	.42	.2335231	2.077764
15	.45	.2902787	2.091047
16	.48	.3610034	2.098462
17	.51	.4219673	2.106859
18	.54	.4767013	2.08423
19	.57	.5414708	2.069779
20	.5999999	.6135461	2.047897
21	.6299999	.6729405	2.035786
22	.6599999	.7310798	1.98796
23	.6899998	.7726777	1.963057
24	.7199998	.8214293	1.939594
25	.7499998	.8481064	1.915682
26	.7799998	.8809886	1.909219
27	.8099997	.9042349	1.889508
28	.8399997	.9328098	1.887344
29	.8699996	.9357564	1.86958
30	.8999996	.9294186	1.865587
31	.9299996	.9123806	1.882554
32	.9599996	.9034329	1.888685
33	.9899996	.8737178	1.893149
34	1.02	.8415723	1.915521



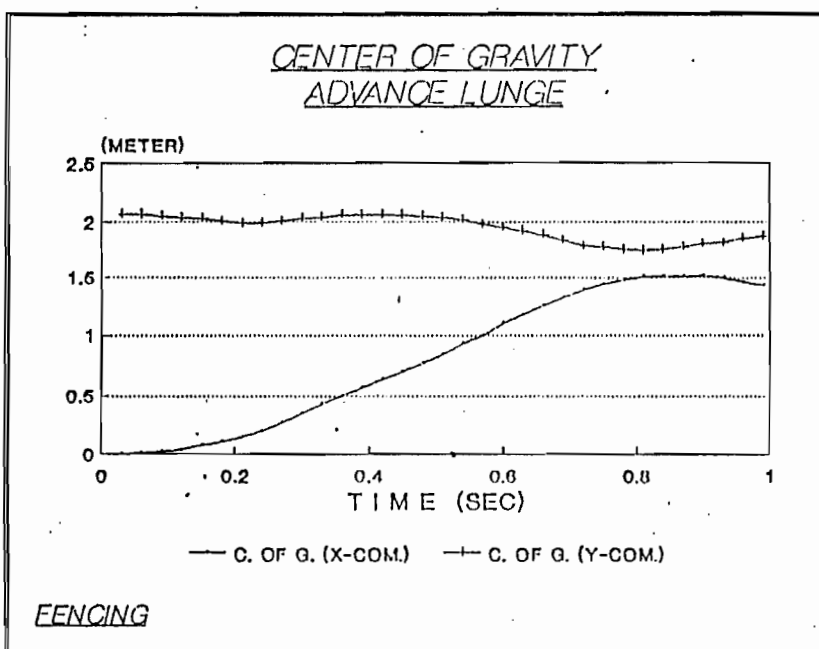
شكل رقم (٧) منحنيات الاراحة أثناء الطعن من الشبكات

اثناء الاداء من الثبات .

من هنا يمكن القول بأن البرنامج المقترح يمكنه تنفيذ عملية التشغيل عند إضافة عدد من المتغيرات الميكانيكية التي تغلب علي طابع المهارة بحيث يمكن وضعها كميا ونوعيا بتميزها بهذه المتغيرات وتطبعها بخصائصها الحركية .

جدول رقم (٩) مقادير الازاحة أثناء الطعن من الحركة

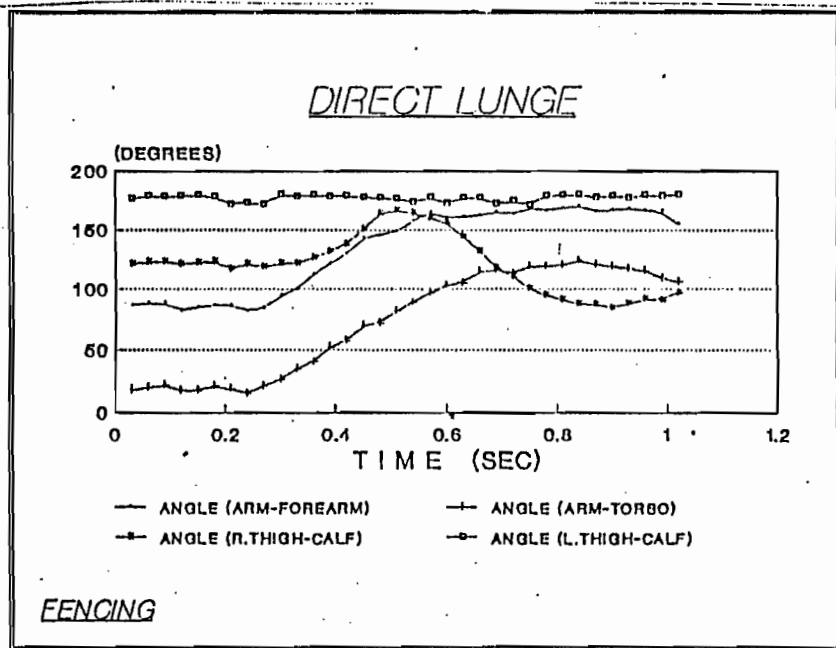
FRAME	TIME	X-CG	Y-CG
1	.03	2.384186E-07	2.07386
2	.06	1.580858E-02	2.071886
3	8.999999E-02	2.516818E-02	2.064209
4	.12	4.141164E-02	2.040869
5	.15	8.445549E-02	2.038369
6	.18	.1085787	2.011746
7	.21	.1472788	1.991848
8	.24	.1991649	1.993121
9	.27	.2742999	2.006771
10	.3	.3538492	2.029868
11	.33	.4295385	2.045264
12	.36	.5020967	2.067823
13	.39	.5743862	2.062757
14	.42	.6385572	2.05606
15	.45	.7020586	2.060775
16	.48	.7662268	2.046511
17	.51	.8413329	2.037736
18	.54	.9262209	2.023305
19	.57	.9973028	1.981834
20	.5999999	1.085539	1.949156
21	.6299999	1.171613	1.916578
22	.6599999	1.253039	1.885038
23	.6899998	1.324281	1.835637
24	.7199998	1.389967	1.791752
25	.7499998	1.43761	1.780546
26	.7799998	1.480288	1.767878
27	.8099997	1.508256	1.753025
28	.8399997	1.511211	1.756769
29	.8699996	1.511557	1.778842
30	.8999996	1.524901	1.805062
31	.9299996	1.49404	1.81999
32	.9599996	1.462578	1.856299
33	.9899996	1.431004	1.882882



شكل رقم (٨) منحنيات الازاحة أثناء الطعن من الحركة

جدول رقم (١٠) مقادير التغير الزاوي للمرفق والكتف والركبة الامامية والركبة الخلفية أثناء الطعن من الثبات

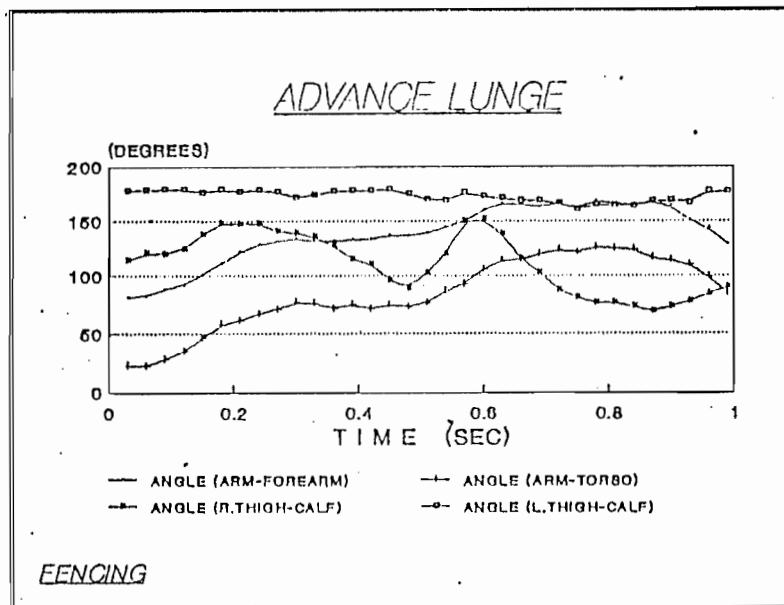
FRAME	ELBOW	SHI	F-KN	B-KN
1	86.90780	17.75761	120.5740	176.5872
2	88.22058	19.6584	122.6802	178.6265
3	88.71666	21.70411	122.5035	177.8572
4	81.81703	17.21067	120.7949	178.6466
5	85.11978	17.42512	121.6516	179.0434
6	86.77416	21.18935	122.9258	178.0581
7	86.85774	18.3653	116.3828	171.7662
8	81.96076	15.04331	120.7662	173.099
9	83.66523	20.84625	118.3646	171.5086
10	94.60848	26.31025	121.0462	179.6063
11	99.66754	35.11091	121.0531	178.1305
12	112.2266	40.92047	125.7976	179.2886
13	121.3613	52.36222	131.2927	178.3183
14	128.6328	58.09524	137.7606	178.6203
15	143.1357	70.19902	150.5461	177.5176
16	145.4203	72.03296	163.7996	176.8493
17	148.4544	81.8237	166.3052	176.5237
18	157.4883	88.98863	164.5004	173.2582
19	165.2886	96.90216	160.1171	177.7487
20	160.6312	102.75	156.4942	172.3256
21	161.2735	105.0233	143.9465	177.1447
22	162.4051	114.7012	132.0345	176.9282
23	165.3397	115.288	117.9191	172.3254
24	163.3701	113.0513	110.3254	174.3765
25	168.517	118.7	100.4009	171.3371
26	166.5968	118.7252	94.79481	178.9707
27	168.3975	120.0803	91.08831	179.1231
28	170.3011	124.1165	87.79076	179.6495
29	165.55	120.5845	87.06572	177.5956
30	166.8641	118.7488	84.63357	178.777
31	168.2218	117.2206	87.63848	177.0939
32	166.5365	115.5728	91.7345	179.3
33	166.0740	108.8226	90.71476	178.6139
34	155.4057	105.965	97.37582	179.8417



شكل رقم (٩) منحنيات التغير الزاوي للمرفق والكتف والركبة الامامية والركبة الخلفية أثناء الطعن من الثبات

جدول رقم (١١) مقادير التغير الزاوي للمرفق والكتف والركبة الامامية

FRAME	ELBOW	SH	F-KN	B-KN
1	80.60973	23.08844	114.9423	178.2654
2	82.17038	22.72461	121.1883	178.5711
3	87.86783	28.66518	120.327	179.1691
4	91.45812	34.80972	124.6792	179.2646
5	101.0177	46.04164	137.4437	176.3563
6	111.9676	67.66135	147.7542	179.0077
7	122.3782	60.81674	147.0961	177.1745
8	128.609	66.89501	147.8665	178.4541
9	131.4352	70.48835	140.7474	177.1094
10	133.9998	76.44991	139.4127	171.6126
11	131.3929	76.03724	135.7797	174.2098
12	131.9651	71.06209	127.5126	177.3305
13	133.1379	74.98639	116.0889	177.8804
14	133.267	70.72251	111.4109	178.1873
15	136.9945	74.5595	95.82816	179.3332
16	136.698	72.84736	88.46393	175.2824
17	138.8506	76.13758	102.6168	169.8676
18	144.1409	86.45069	120.8206	168.5527
19	149.2824	92.60474	149.7553	176.2205
20	160.2383	105.8275	151.4528	172.6173
21	165.9846	114.7499	138.116	170.7577
22	165.1203	115.6144	116.2773	169.0151
23	162.4242	120.3791	102.9729	168.9424
24	166.3307	124.2364	87.41406	166.0576
25	161.3002	121.8849	80.83399	160.457
26	168.9111	126.6621	75.93684	164.3943
27	165.7667	125.2123	76.17672	164.1657
28	164.5688	124.8269	72.37155	163.1889
29	167.0621	117.0157	68.24481	168.0407
30	163.3843	114.5614	72.62708	168.9116
31	149.796	110.4451	77.4506	166.4485
32	143.2813	98.98836	84.03204	177.3994
33	129.1059	83.99671	89.70033	176.9932



شكل رقم (١٠) منحنيات التغير الزاوي للمرفق والكتف والركبة الامامية والركبة الخلفية أثناء الطعن من الحركة

٤- الدورة الامامية الكبرى علي جهاز العقلة (جمباز) :

تمكن الباحث من تشغيل البرنامج المقترح ليقوم بتنفيذ قراءة قيم الاحداثيات الافقية والرأسية لمهارة الدورة الامامية الكبرى علي جهاز العقلة في رياضة الجمباز لتعيين مركز ثقل الجسم لحظيا في شكل مركبة أفقية يمكن ملاحظة تغيرها علي أربعة أرباع من المسار الدائري لها . فتبدأ المركبة الأفقية لمركز الثقل في التناقص خلال الربع الاول من الحركة . ويتضح ذلك من الجدول رقم (١٢) حيث تشير القيم الي أن الجسم (ممثلا في مركز ثقله) واقعا علي بعد ٢,٢ م من نقطة القياس ويتحرك ليصل الي بعد ١,٢ وذلك عند الزمن ٠,٥٤ . من الثانية الخاص بالوضع التاسع . ثم تزداد المركبة الافقية للازاحة خلال الربع الثاني والثالث الذي ينتهي بالوضع ٢٢ عند زمن ١,٣٢ ثانية ، وتبدأ الازاحة الافقية في التناقص مرة أخرى خلال الربع الرابع والاخير ليقترب الجسم بذلك من الوضع الذي بدأ منه الحركة .

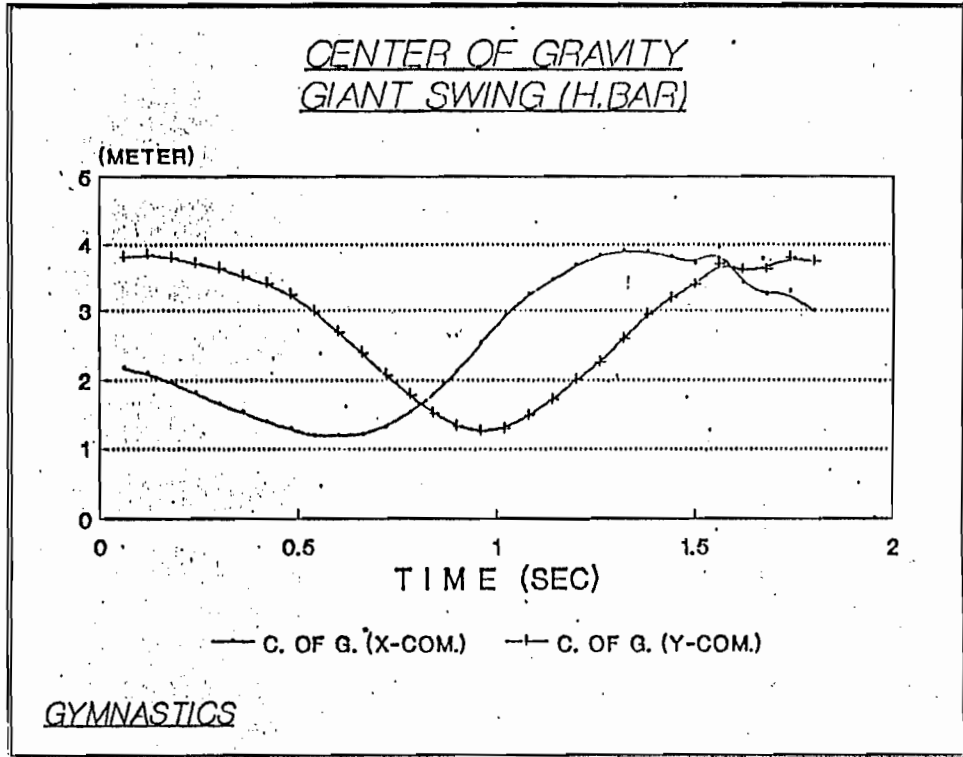
أما بالنسبة للمركبة الرأسية لمركز ثقل الجسم ، فيشير نفس الجدول الي ان القيم تتأرجح بين الزيادة والنقصان خلال الاربعة أرباع السابقة فيبدأ موقع مركز الثقل بارتفاع عن سطح الارض مقداره ٣,٨ م (أو ارتفاع ١,٢ م عن محور الدوران) ثم يبدأ في الهبوط خلال الربع الاول والثاني ليصل الي أعماق نقطة اسفل محور الدوران وهو ١,٢ م ويرتفع بعد ذلك مرة أخرى خلال الربع الثالث والرابع ليصل الي نفس النقطة التي بدأ منها الدوران .

هذه التغيرات يمكن ملاحظتها في الشكل رقم (١١) الذي يشير الي مسارات الازاحة الافقية والرأسية لمركز الثقل أثناء أداء المهارة .

بإضافة حسابات الطاقة الي البرنامج المقترح أمكن الحصول علي القيم في جدول رقم (١٣) ، فيشير هذا الجدول الي قيم طاقة الحركة التي بدأت من صفر الي ان وصلت الي اعلي قيمة لها عند أعماق نقطة للجسم اسفل محور الدوران وهي ٨٤,٧ نيوتن - متر وذلك في الوضع السابع عشر عند الزمن ١,٠٢ ثانية ، كذلك يشير الجدول الي قيم طاقة الوضع التي بدأت بأكبر قيمة لها في الوضع الاول بمقدار يصل الي ٢٥٩,٣ نيوتن - متر ، ثم هبطت الي اقل قيمة لها عند أعماق نقطة للجسم اسفل محور الدوران وهي ٨٤,٧ نيوتن - متر ، ثم بدأت في الازدياد مرة أخرى مع صعود الجسم لأنها المهارة في الربع الثالث والرابع لتصل قيمتها قريبا من نفس المقدار الذي بدأت به . هذا التغير في مقادير الطاقة يمكن ملاحظته بوضوح من خلال تتبع منحنيات طاقة الحركة وطاقة الوضع والطاقة الكلية في الشكل رقم (١٢) .

جدول رقم (١٢) مقادير الازاحة أثناء أداء الدورة الامامية الكبرى
على جهاز العقلة

FRAME	TIME	X-CG	Y-CG
1	.06	2.166439	3.813743
2	.12	2.090433	3.838401
3	.18	1.961301	3.790769
4	.24	1.806835	3.71298
5	.3	1.658289	3.636806
6	.36	1.526126	3.511196
7	.42	1.394808	3.399438
8	.48	1.286867	3.234163
9	.54	1.177663	2.991266
10	.6	1.191709	2.684938
11	.66	1.203992	2.386317
12	.72	1.308817	2.066414
13	.78	1.527029	1.788779
14	.84	1.78669	1.518446
15	.9	2.124686	1.317712
16	.96	2.51703	1.245429
17	1.02	2.916988	1.290977
18	1.08	3.242615	1.482161
19	1.14	3.454902	1.716031
20	1.2	3.684841	1.998467
21	1.26	3.836986	2.25653
22	1.32	3.904649	2.578494
23	1.38	3.891576	2.937691
24	1.44	3.820313	3.184567
25	1.5	3.695367	3.389563
26	1.56	3.953523	3.70816
27	1.619999	3.400122	3.611467
28	1.679999	3.220161	3.630317
29	1.739999	3.275141	3.813533
30	1.799999	2.990038	3.748605

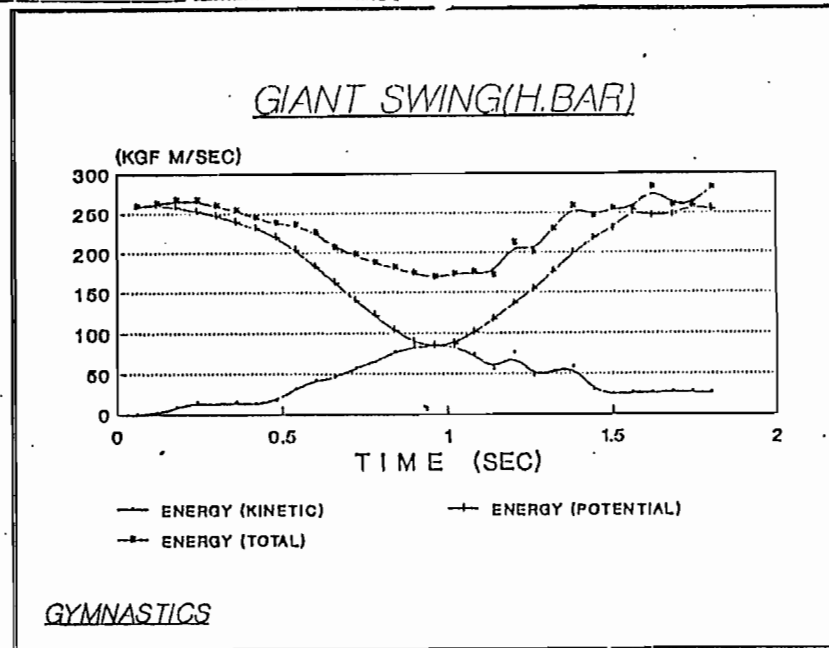


شكل رقم (١١) يوضح مسارات الازاحة أثناء أداء الدورة الامامية الكبرى على جهاز العقلة-

جدول رقم (١٣) مقادير طاقة الحركة وطاقة الوضع والطاقة الكلية أثناء أداء

الدورة الامامية الكبرى على جهاز العقلة

FRAME	TIME	KET	POTE1	TENRG
1	.06	0	259.3345	259.3345
2	.12	1.897202	261.0113	262.9086
3	.18	8.673044	258.1803	266.7534
4	.24	14.51012	252.4826	266.9927
5	.3	12.38034	247.3028	259.6832
6	.36	15.18689	238.7613	253.9472
7	.42	12.73305	231.1618	243.8948
8	.48	17.15075	219.9231	237.0738
9	.54	31.32733	203.4061	234.7334
10	.6	41.9268	182.5758	224.5026
11	.66	44.28128	162.2696	206.5508
12	.72	57.40894	140.5162	197.9251
13	.78	65.20876	121.637	186.8457
14	.84	77.62858	103.2543	180.8828
15	.9	83.4077	89.60443	173.0121
16	.96	84.03903	84.68914	168.7282
17	1.02	84.71157	87.78641	172.498
18	1.08	74.37113	100.7869	175.1581
19	1.14	54.75416	116.6901	171.4443
20	1.2	76.041	135.8957	211.9367
21	1.26	46.82721	153.4441	200.2713
22	1.32	52.9499	175.3376	228.2875
23	1.38	59.01145	199.763	258.7745
24	1.44	28.65256	216.5506	245.2031
25	1.5	24.67033	230.4903	256.1606
26	1.56	2.803764	252.1549	254.9586
27	1.619999	36.41239	245.5791	281.9915
28	1.679999	12.89609	246.8615	259.7576
29	1.739999	.9057239	259.3203	260.226
30	1.799999	26.04329	254.8983	280.9416



شكل رقم (١٢) بوضوح مسارات الطاقة أثناء أداء الدورة الامامية

الكبرى على جهاز العقلة .

الاستخلاصات :

من خلال عرض ومناقشة نتائج الدراسة التي كانت تهدف الي تصميم برنامج مقترح للحاسب الالي لتعيين مركز ثقل الجسم خلال المسار الحركي للمهارة ، وبعد محاولة الإجابة عن تساؤلات البحث ، تم استخلاص ما يلي :

١- تم تحقيق الهدف من الدراسة عن طريق تصميم برنامج للحاسب الالي يعمل علي تنفيذ العمليات الحسابية التي تساعد في تعيين مركز ثقل الجسم لحظيا خلال المسار الحركي .

٢- أظهرت النتائج قدرة البرنامج علي تنفيذ الحسابات التي تساعد في تعيين مركز ثقل الجسم بمركباته الأفقية والرأسية لأنواع متعددة ومختلفة من الرياضات .

٣- أظهرت نتائج الدراسة إمكانية تشغيل البرنامج للحصول علي قيم عديدة لأوضاع كثيرة من أوضاع الأداء المهاري مع اختلاف نوعية المهارات في كل رياضة من الرياضات التي تم دراستها .

وبذلك تمت الإجابة عن السؤال الاول من تساؤلات البحث .

٤- تبين من نتائج الدراسة إمكانية إلحاق عمليات حسابية تعمل علي استخراج قيم للمتغيرات الميكانيكية المتعلقة بالظواهر الحركية المتعددة والمختلفة التي تم دراستها في التطبيقات علي الرياضات الاربعة المختارة في الدراسة .

وهنا تمت الإجابة عن السؤال الثاني من تساؤلات البحث .

التوصيات :

بعد عرض ومناقشة النتائج و التوصل الي استخلاصات الدراسه امكن التوصل الي ما يلي من توصيات :

١- تعميم استخدام هذا البرنامج بين الباحثين في مجال الميكانيكا الحيوية لسهولة تشغيله و امكانياته في توفير الوقت والجهد من جانب ، والحصول علي قيم علي درجه مقبوله من الدقه من جانب آخر .

٢- حتي يمكن الاستخدام الامثل للبرنامج يوصي بتوفير بعض الاجهزه الالكترونيه التي يمكن دمجها مع جهاز الحاسب الالي للحصول علي البيانات الاساسيه الخاصه باحداثيات نهايات اطراف الجسم وذلك باسلوب فوري وبدرجة

عالية من الدقة ، من هذه الاجهزة جهاز تحديد الاحداثيات Digitizer مع العلم بان اسعار هذه الاجهزة مقبولة جدا كما انها متوفرة في الاسواق العربية.

٣- يجب العمل علي تطوير البرنامج وخاصة فيما يتعلق بحسابات المتغيرات الميكانيكية المختلفة من مستوي واحد لتمتد وتشتمل علي هذه الحسابات في اكثر من مستوي وخوض عالم المحاور الثلاثة .

المراجع :

- 1- Braune, W. and fiecher, O.1889:" The center of gravity of the Human Body as Related to the Eguipment of the German Infantry", Treatiscs of the Mathematical- Physical Class of the Royal Academy of Sciences of Sapony,No.7,Leipzig.
- 2- Chandler, R.F., et.1975: " Investigation of Lnertial Properties of the Human Body", AMRL Technical Report74-137, Wright- Patter- son Air Force Base,Ohio.
- 3- Clauser, C.E., McConvill, J.T. and young. J.W.1969: "Weight, Volume and Center of Mass of Segments of the Human Body:", AMRL Technical Report69-70, Wright patterson Air Force base, Ohio.
- 4- Cleavland, H.G.1955: "The Determination of the Center of Gravity of Segmente of the Hu man Boey", Ed.D. Dissertation Univer- sity of california, Los Angelos.
- 5- Cooper, J.M., Adrian, M. and Glassow, R.B.1982: "Kinesislogy", The C.V. Mosby Company, London.
- 6-Dempeter, W.T.1955: " Space Requirements of the Seated Op- erator", WADC Technical Report,55-159, Wright- Patterson Air Force\.\.\\.\.\\Bade,Ohio.
- 7-EID, H.M.1988: " Computer Simulation of the Grawl Arm Stroke", Ph.D. Dissertation University of Technology, Loughlorough, U.K.
- 8- Hanavan.E.P.1964: " A Mathematical Model of the Human Body", M.S. Thesis,Air University,U.S.A.F.
- 9- Hay,J.G.1978: " The Biomechanica of Sports Techniques", Prentice-Hall,Inc., Englewood Cliffs, N.J.07632,U.S.A.
- 10- Whitsett, C.E.1963: " Some Dynamic Response characteris- tics of Weightless Man", AMRL Technical Eocumentary Report63- 118, Wright-Patterson Air Force Base,Ohio.

ملخص البحث

تناول العديد من الباحثين موضوع تعيين مركز ثقل الجسم كوسيلة لحساب متغيرات ميكانيكية تتعلق بظواهر حركية مختلفة ، إلا ان هذا التناول كان يستهلك في اجراءاته الكثير من الوقت والجهد حيث كانت الحسابات تتم بأسلوب يدوي مما يجعلها ايضا معرضة للكثير من الأخطاء في القياس . لذلك قام الباحث بتصميم برنامج للحاسب الآلي يعمل علي التقاط البيانات الاساسية اللحظية المتعلقة باحداثيات نقاط نهايات الاطراف من خلال جهاز تحديد الاحداثيات ثم ارسال هذه البيانات من خلال الدمج الكهربائي الي الحاسب الآلي في شكل رقمي لتخزينها والتعامل معها لتنفيذ حساب مراكز ثقل اجزاء الجسم وتجميعها لتعيين مركز ثقل الجسم الكلي في الوضع المحدد ومن ثم حساب اي متغيرات ميكانيكية متعلقة بحركة الجسم .

وحتي يمكن معرفة قدرة البرنامج علي تنفيذ الحسابات بأسلوب دقيق تم تشغيله علي عدد من التطبيقات تمثلت في اربع رياضات هي السباحة والغطس والسلاح والجمباز ، وتم اختيار مهارة واحدة من كل من هذه الرياضات لتصويرها سينمائيا من خلال اداء اللاعبين الدوليين . وبعد تحليل الفيلم السينمائي لكل مهارة في الرياضات المختارة امكن التوصل الي ان البرنامج المقترح يمكنه التقاط البيانات الاساسية المتعلقة باحداثيات نقاط الجسم والتعامل معها لتنفيذ تعيين مركز ثقل الجسم لحظيا لعدد كبير من الاوضاع علي مدار المسار الحركي . كذلك تطبيقاتاظهرت النتائج امكانية التعامل مع اشكال مختلفة من المهارات الحركية تحمل في طياتها متغيرات ميكانيكية متعددة من سرعات وعجلات ومقادير قوي بالاضافة الي امكانية حساب مقادير الطاقة الي جانب التغيرات الزاوية الحادثة بين مفاصل اجزاء الجسم مما يضمن حلا للمشكلات العديدة التي تواجه الاداء الحركي اثناء تطبيق المهارات المختلفة . وقد اوصي الباحث بضرورة العمل علي تطوير هذه النوعية من البرامج وتعميمها علي الباحثين في مجال الميكانيكا الحيوية الي جانب العمل علي تطوير الحسابات التي يمكن تغذيتها للبرنامج بحيث تخوض عالم المحاور الثلاثة في الحركة مما يساعد في الوصول الي درجة عالية من الدقة في بيانات وقيم المتغيرات الميكانيكية التي تحكم المهارة .

ABSTRACT

Development of A Computer Program To Locate Body Center of Gravity During Movement Performance

By:Dr. Hussein Eid*

This investigation is conducted to develop a computer program to locate segments and body center of gravity. Location of body center of gravity is determined during performing grab start in swimming, take-off from spring board in diving, direct and advance bunge in fencing, and giant swing on high bar in gymnastics. Mechanical variables such as displacement, velocity, acceleration, force, energy as well as variation between segments angles are also determined. The procedures included the use of cinematographic analysis where the film of each chosen sport is digitized using Supercom Sx8086 personal computer, KD3040B digitizer, 16mm projector, and plexiglass reflecting mirror. The suggested program "ELD1" is written in Basic language. The input variables included the data of segment relative weights, the percentages of segments center of gravity, and the digitized endpoints of body segments. The results showed that the suggested program can pick up the original basic X-Y coordinates data of the segments end-points to carry out calculation to determine body center of gravity as well as the mechanical parameters related to each chosen performance, It is recommended to develop the program so that the three-dimensional analysis of movement performance can be carried out and more accuracy can be accomplished.

* Lecturer in physical Education Department,

College of Education,

King Saud University, Riyadh