

Mechanical energy during the back-giant swing(kenmotsu) on parallel bars in gymnastics

THAMER TURKI MANNAA^{1*}

Qasim Mohammed Sayah²

MOHIB HAMED RAJA³

1-Tikrit University/ College of Physical Education and Sports Science

2-Basra University / Department of Student Activities

3- Tikrit University / College of Physical Education and Sports Science

Abstract

The purpose of this study is to demonstrate the mechanical energy changes in the whole body, and to determine the muscular work performed by the gymnastic during the back giant swing on parallel bars. The subjects of the study consisted of three players who participated in the 2019 gymnastics World Cup tow Arabs a done turkey. The videos were from the International Gymnastics Federation's website and the camera's frequency was 25 frames per second and vertical at the spatial level. The analysis was two-dimensional by the biomechanical program (Skill Spector). The results indicated that the low mechanical energy of the whole body is due to the friction between the hands of the gymnast and the two parallel bars, and air resistance. To complete the spin, the player must do a muscle work to compensate for these energy losses. So total mechanical energy changes with the relationship between energy loss and muscular work.

Article info.

Article history:

-Received: 7/4/2021

-Accepted:13/6/2021

-Available online: 30/06/2021

Keywords:

- Charts

- Body Contours

- 2D

- Parameters

(Skill Spector).

* Corresponding Author: mr.thamer2017@tu.edu.iq- Tikrit University / College of Physical Education and Sports Science

الطاقة الميكانيكية خلال الدائرة الخلفية الكبرى كينموتسو (kenmotsu) على جهاز المتوازي في الجمباز

تاریخ البحث
- متوفّر على الانترنت: 2021/06/30

م.د. ثامر تركي مناع / جامعة تكريت/ كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة.

أ.م.د. قاسم محمد صياغ / جامعة البصرة/ كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة.

أ.م.د. محب حامد رجا / جامعة تكريت/ كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة.

الخلاصة:

الغرض من هذه الدراسة هو بيان عن تغييرات الطاقة الميكانيكية في الجسم كله، وتحديد العمل العضلي الذي يقوم به لاعب الجمباز خلال الدائرة الخلفية الكبرى على جهاز المتوازي. تمثلت عينة الدراسة من ثلاثة لاعبين شاركوا في بطولة كاس العالم للجمباز 2019 عربستان وواحد تركي. مقاطع الفيديو كانت من موقع الاتحاد الدولي للجمباز وكانت سرعة تردد الكاميرا (25) صورة بالثانية وعمودية على المستوى الفراغي. التحليل كان ثانوي الأبعاد بواسطة البرنامج البايوميكانيكي (Skill Spector). أشارت النتائج إلى أن انخفاض الطاقة الميكانيكية للجسم كله هو بسبب الاحتكاك بين أيدي لاعب الجمباز وعارضي المتوازي، ومقاومة الهواء. فلإكمال الدوران يتبعن على اللاعب أن يقوم بعمل عضلي لتعويض هذه الخسائر في الطاقة. لذلك يتغير إجمالي الطاقة الميكانيكية مع العلاقة بين فقدان الطاقة والعمل العضلي.

الكلمات المفتاحية

- الرسوم البيانية

- معالم الجسم

- ثانوي الأبعاد

- ليبارامترات

- (Skill Spector)

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

الوقوف على اليدين. في السنوات الأخيرة أصبح هذا العنصر أكثر أهمية بسبب إمكانية دمجه مع عنصر آخر خاصةً مع عناصر الطيران، هذا المزيج مهم لكتاب نقاط الجمع للحصول على قيمة صعوبة أعلى للسلسلة الحركية، حيث يقوم لاعبي الجمباز بأداء هذا العنصر بدورة كاملة بعد ذلك تم تطوير عدد كبير من المهارات على كل جهاز على مر السنين ويتوقع الأكثر في المستقبل. ورغم أن معظم هذه المهارات هي فريدة من نوعها لكل جهاز ويمكن إجراء بعض التصنيفات واسعة النطاق.

بشكل عام تكون مهارات الجمباز من نوع "المرحمة" أو "التوازن" أو "القوة" أو "الهبوط"، أو يمكن تصنيفها على أنها "أساسية" و "ثانوية"، المهارات الأساسية هي المهارات التي تشكل "جوهر" كل سلسلة فردية مثل الدوائر الكبيرة، والقلبات، والوقوف على اليدين، إلخ. أما المهارات الثانوية هي المهارات التي تربط بين المهارات الأساسية داخل السلسلة الحركية، مثل الروند أووف، وقفزات اليدين، وقفزات متعددة. وقد أجريت دراسات سابقة للدائرة الخلفية الكبيرة على جهاز المتوازي لتوضيح الخصائص البايوميكانيكية (Tsuchiya, Murata & Fukunaga, 2004, 211) (Prassas & Ariel, 2005, 953) (1) (2) لحساب عزم الدوران والقوة المبذولة في المفاصل في أداء الدائرة الخلفية الكبيرة على جهاز المتوازي وأشاروا أن القوة التي تمارس في امتداد مفصل الكتف وانثناء مفصل الورك والركبة تلعب دوراً أساسياً عند أداء الدائرة الخلفية الكبيرة على جهاز العقلة، وأنه يجب التركيز على تمديد مفصل الكتف بشكل خاص أثناء الأداء.

من هنا جاءت أهمية البحث، إذ على حد علمنا لا يزال يتعين إجراء دراسات حول التحليل البايوميكانيكي للدائرة الخلفية الكبيرة على المتوازيين والذي يعتبر أداءً أساسياً لتحقيق عناصر فنية أكثر صعوبة كما هو مذكور أعلاه وفعالة في توضيح فنية الحركة ليتم استخدامها في التدريب الفعال في الجمباز.

1-2 مشكلة البحث:

في الدائرة الخلفية الكبيرة يتم تقليل الطاقة الميكانيكية للجسم كله بسبب الاحتكاك بين أيدي لاعب الجمباز والمتوازيين ومقاومة الهواء. ولإكمال الدوران يتعين على اللاعب أن يقوم بعمل عضلي أكبر واسرع لتعويض هذه الخسائر في الطاقة، لذا ارتأى الباحثون تحليل أداء أفضل ثلاثة لاعبين للمهارة قيد الدراسة من حصلوا على المراكز الأولى والثانية في بطولات رسمية دولية ، إذ يتغير إجمالي الطاقة الميكانيكية مع العلاقة بين فقدان الطاقة والعمل العضلي وبالتالي من أجل تحقيق الدائرة الخلفية الكبيرة على المتوازيين من

⁽¹⁾ Tsuchiya, J., Murata, K., & Fukunaga, T. (2004). Kinetic analysis of backward giant swings on parallel bars. International Journal of Sport and Health Science, 2, P. 211-221.

⁽²⁾ Prassas, S. & Ariel, G. (2005). Kinematics of giant swings on the parallel bars. In Wang Q. (Eds.). 23 International Symposium on Biomechanics in Sports: P. 953-955.

المهم أن يكون هناك مقياس دقيق لتغيرات الطاقة الميكانيكية في الجسم كله ، وعلى الرغم من وجود العديد من الدراسات ، إلا أنه لم يتم الاشارة عن تغيرات الطاقة الميكانيكية للجسم كله خلال الدائرة الخلفية الكبرى على المتوازيين.

1-3-1 هدف الدراسة:

❖ التعرف على تغيرات الطاقة الميكانيكية في الجسم كله وتحديد العمل العضلي الذي يقوم به لاعب الجمباز خلال الدائرة الخلفية الكبرى على جهاز المتوازي.

2- منهج البحث واجراءاته الميدانية:

2-1 منهج البحث:

اعتمد الباحثون المنهج الوصفي لعينة البحث.

2-2 عينة البحث:

تم اختيار عينة البحث بالطريقة العدمية حيث تمثلت في ثلاثة لاعبين، هم (أحمد أوندر) لاعب جمباز تركي، وذلك في بطولة العالم للجمباز الفني لعام 2019 في شتوتغارت - ألمانيا وفاز بالميدالية الفضية على جهاز المتوازي، واللاعب المصري (محمد عفيفي) في بطولة أفريقيا للجمباز الفني لعام 2018 بنامibia فاز بالميدالية الذهبية على جهاز المتوازي، واللاعب الجزائري هلال متوجي فاز بالميدالية الذهبية على جهاز المتوازي في بطولة أفريقيا للجمباز الفني لعام 2019 بالرباط ضمن الألعاب الإفريقية - 2019 بالمغرب. ولقد اختار الباحثون عينة التحليل بسبب تميز أداء اللاعبين على جهاز المتوازي، وكانت مواصفات عينة البحث (المتوسط الحسابي \pm الانحراف المعياري)، العمر (3.7 ± 22.7 سنة) ، وزن الجسم (61 ± 2.9 كغم)، الطول (1.7 ± 0.02 متر)، على التوالي.

2-3 وسائل جمع المعلومات والأجهزة والأدوات المستخدمة في البحث:

2-3-1 وسائل جمع المعلومات:

المراجع والمصادر الأجنبية، وشبكة الانترنت الدولية، الاختبارات البايوميكانيكية.

2-3-2 الأجهزة والأدوات المستخدمة بالبحث:

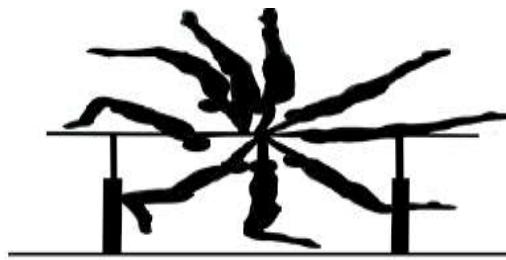
مقاطع فيديو بتردد (25) صورة بالثانية، برنامج التحليل الحركي سكل سبكتر (Skill Spector)، معادلة زوايا التصوير (Prospective Filter)، برنامج (Dartfish 5.5)، برنامج اكسيل.

2-4 الاجراءات الميدانية:

2-4-1 معالجة البيانات:

قام الباحثون بإجراء التحليل الحركي شائي الأبعاد للأداء الفني لمهارة الدائرة الخلفية الكبرى في يوم الثلاثاء الموافق 2 - 3 - 2021، لمقاطع الفيديو بتردد (25) صورة بالثانية من الكاميرات الخاصة بالاتحاد

الدولي للجمباز حيث تم اختيارها من موقع الاتحاد الدولي للجمباز لبطولة العالم للجمباز الفني لعام 2019 في شتوتغارت - ألمانيا، مقاطع الفيديو تتبع المتطلبات الخاصة للاختبارات البايوميكانيكية حيث إن الكاميرا الملقطة لهذه المقاطع كانت عمودية على المستوى الفراغي، الفيديو هو مناسب للعمل مع برامج الكمبيوتر. واستخدم نموذج تحليل مكون من (10) نقاط مرجعية تمثل أجزاء جسم اللاعب أثناء مراحل الأداء. تم استخدام برنامج التحليل الحركي سكل سبكتر (Skill Spector) هو تطبيق مصمم ليقدم طريقة بسيطة وعملية لأداء تتبع الحركة وتحليل الفيديو. يوفر إمكانية مقارنة مقاطع الفيديو من خلال تراكبها ويمكنه التعامل مع المصادر ثنائية وثلاثية الأبعاد. بواسطته يمكن حساب المتغيرات الكينماتيكية والكتينيكية والاستفادة من تقنية الرقمنة شبه الآلية لمعالجة مقاطع الفيديو الخاصة بشكل أسرع. بالإضافة إلى حقيقة أنه يمكن إنشاء الرسوم البيانية والرسوم المتحركة (موديل) لمركز الجاذبية من النقاط المتصلة. وكانت المتغيرات المفحوصة في هذا التحليل هي: الزمن يقاس بالثانية وزاوية الكتف والورك والركبة تقاس بالدرجة والطاقة الجاذبية والحركية والدورانية والطاقة الكلية تقاس بالجول. بدأ التحليل من وضع الوقوف على اليدين وتم تقسيم دورة واحدة إلى أربع مراحل كل 90 درجة من الازاحة الزاوية لمركز كتلة الجسم.



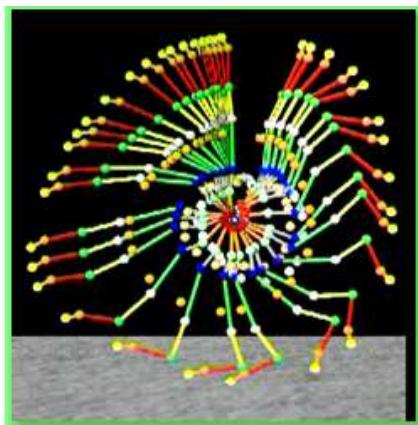
شكل (1) المهارة قيد الدراسة

تم استخدام نموذج رياضي مكون من ثمانية أجزاء من الجسم للتحليل الميكانيكي الذي يمثل أجزاء الجسم الفردية، تمثل معلمات الجسم المرقمنة من نقاط النهاية لكل مقطع لتكوين نموذج رياضي من ثمانية أجزاء من أجزاء الجسم الفردية وهي القدم والساقي والفخذ والجذع والعضد والساعد واليد والرأس.

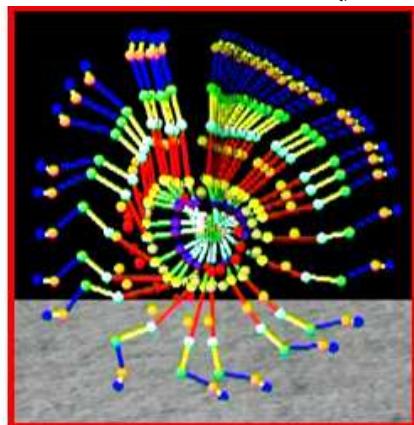
تم استخدام معادلة زوايا التصوير لتجنب أي أخطاء قد تؤثر في نتائج التحليل (Prospective Filter) بسبب القيود المفروضة على موقع الكاميرات أثناء المسابقات العالمية بسبب الطبيعة الفريدة لقيود لاعب الجمباز حيث يتم استخدام طريقة 2D-DLT (أو انتقال خطي مباشر) لتوفير نتائج تحليل دقيقة حتى مع وجود اختلافات في زوايا الصور (Kwon, 2002)⁽¹⁾. وبعد الانتهاء من التحليل تم فلترة البيانات وتحويلها إلى برنامج الأكسل لإنشاء الرسوم البيانية.

⁽¹⁾ 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 XXth

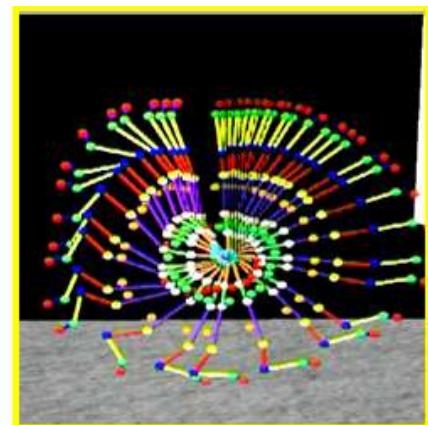
1-4-2 الاشكال العصبية: التسلسل الحركي لمهارة الدائرة الخلفية الكبرى لكافة اللاعبين ومن خلال برنامج التحليل الحركي (Skill Spector). الاشكال العصبية هو لتوسيع كيف ان اللاعبين يتذلون المسار الحركي من خلال عمل مفاصل الجسم ومسار مركز ثقل الجسم، تم انتاج هذا العمل من خلال برنامج (Skill Spector) والسلسل الحركي من خلال برنامج (Dartfish 5.5).



شكل (4)
اللاعب الثالث



شكل (3)
اللاعب الثاني



شكل (2)
اللاعب الاول

3 - عرض النتائج ومناقشتها:

جدول (1)

التركيب الزمني للمراحل الفنية لمهارة الدائرة الخلفية الكبرى على جهاز المتوازي

الزمن الكلي	المرحلة الرابعة	المرحلة الثالثة	المرحلة الثانية	المرحلة الأولى	العينة
2.96	0.64	0.4	0.32	1.6	لاعب الأول
2.72	0.6	0.4	0.36	1.36	لاعب الثاني
2.62	0.72	0.4	0.28	1.24	لاعب الثالث

يبين الجدول (1) إن لاعبي الجمباز أمضوا وقتاً أطول في المرحلة الأولى والأخيرة، كان هذا متوقعاً أن يكتسب لاعبي الجمباز تدريجياً زخماً زاوياً في الاتجاه الهبوطي، ويفقدونه تدريجياً في الاتجاه الصاعد في اتجاه عقارب الساعة، فإن هذا الربح والخسارة في الزخم الزاوي هو إلى أقصى حد نتيجة تأثير وزن لاعب الجمباز، والذي يعمل في اتجاه عقارب الساعة في اتجاه هبوطي وعكس اتجاه عقارب الساعة في الاتجاه

الصعودي. ومع ذلك فإن في جهاز المتوازي تجبر القيود المفروضة على ارتفاع الجهاز واتجاه القصبان والإمساك على تعديل نطاق حركة الكتف والورك والركبة من أجل التأثير بشكل إيجابي من خلال العمل العضلي على تبادل الطاقة بين جسم اللاعب وعارضتي المتوازي وهذا ما أشار إليه كل من (Arampatzis & Brüggeman, 1998-1999, 1083)⁽¹⁾ و (Brüggeman et al, 1994, 291)⁽²⁾ إذ أشارا إلى أن تبادل الطاقة بين العارضتين وجسم لاعب الجمباز يعد معلمة مهمة لنوعية الدائرة الكبرى.

جدول (2) بيانات زاوية الكتف

العينة	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة	المرحلة الرابعة
اللاعب الأول	178.35	105.91	175.62	178.35
اللاعب الثاني	173.26	137.17	177.82	177.10
اللاعب الثالث	168.29	103.86	155.37	151.71



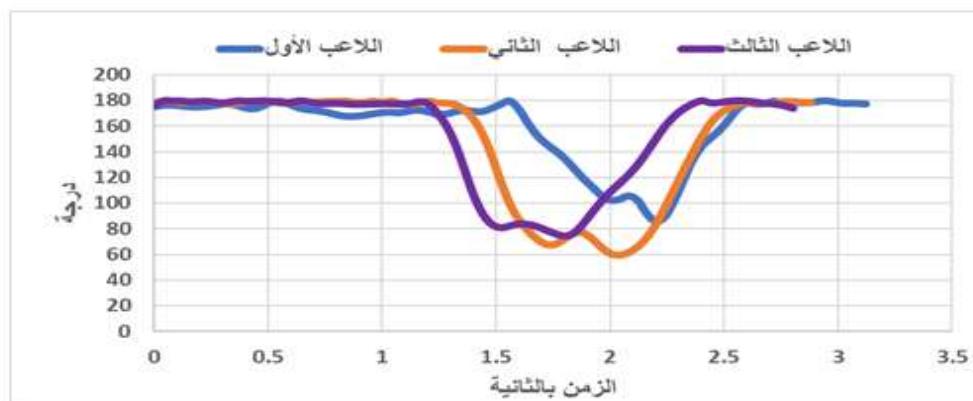
شكل (5) زاوية الكتف لعينة البحث

⁽¹⁾ Brüggemann, G.P., Cheetam, P., Alp, Y., & Arampatzis, D. (1994). Approach to a biomechanical profile of dismounts and release-regrasp skills of the high bar. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, P. 291.

⁽²⁾ Arampatzis, A., & Brüggemann, G.P. (1998). A mathematical high bar-human body model for analyzing and interpreting mechanical-energetic processes on the high bar. *Journal of Biomechanics*, 31, P. 1083-1092.

جدول (3) بيانات لورك لعينة البحث

العينة	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة	المرحلة الرابعة
اللاعب الأول	162.52	171.34	149.05	168.31
اللاعب الثاني	163.40	166.89	142.08	168.31
اللاعب الثالث	178.0233	170.7483	154.6982	170.7149



شكل (6) الرسم البياني لزاوية الورك لعينة البحث

جدول (4) بيانات الركبة لعينة البحث

العينة	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة	المرحلة الرابعة
اللاعب الأول	172.72	112.74	117.56	177.16
اللاعب الثاني	172.93	71.91	66.07	178.76
اللاعب الثالث	170.15	80.99	92.91	173.69



شكل (7) زاوية الركبة لعينة البحث

يتبيّن من الجداول (2) (3) (4)، ويُتّضح من الأشكال (5) (6) (7) التغييرات في زاوية الكتف والورك والركبة، إذ تمدد مفصل الكتف في المرحلة الثالثة، وانحني في النصف الأول من المرحلة الرابعة. أما مفصل الورك امتد قليلاً في النصف الأخير من المرحلة الثانية، وانحني في المرحلة الثالثة وفي النصف الأول من المرحلة الرابعة، تمدد مفصل الورك مرة أخرى.

تكون زاوية مفصل الكتف أصغر دائمًا على جهاز المتوازي مقارنةً بالعقلة، بينما يكون نمط زاوية مفصل الورك متطابقاً تقريباً على جهاز المتوازي والعقلة ، لقد تم الإشارة إليها سابقاً عن أن تمدد مفصل الورك في اتجاه الهبوط للأسفل وانثنائه للأعلى يحتاج إلى مزيد من المرجة في الاتجاه المعاكس للخلف على جهاز المتوازي أكثر من العقلة (Tsuchiya et al., 2004,221)⁽¹⁾. علماً إن حدود ارتفاع الجهاز (180 سم فوق البساط) يتطلب من لاعبي الجمباز المرجة مع ثي الركبتين في وضع معلق على النقيض من جهاز العقلة (260 سم فوق البساط) وجهاز متوازي مختلف الارتفاعات للنساء (230 سم فوق البساط) والتي تسمح لإجراء تمدد بمفاصل الركبة بشكل أوسع. ووفقاً للنتائج الزمنية تزداد السرعة الزاوية أثناء الهبوط للأسفل وتقل في الصعود للأعلى للحفاظ على ثي مفصل الركبة لفترة أطول في الصعود، لذلك أفراد العينة (اللاعبين) كانوا قادرين على تقليل عزم القصور الذاتي للجسم بشكل كبير وبالتالي إكمال الدائرة الكبرى مع تقليل زاوية مفصل الورك والكتف.

جدول (5) بيانات الطاقة الجاذبية لعينة البحث

العينة	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة	المرحلة الرابعة
اللاعب الأول	50.76	-568.89	125.12	503.29
اللاعب الثاني	55.73	-577.70	161.95	538.03
اللاعب الثالث	56.4	-627.87	122.83	537.74

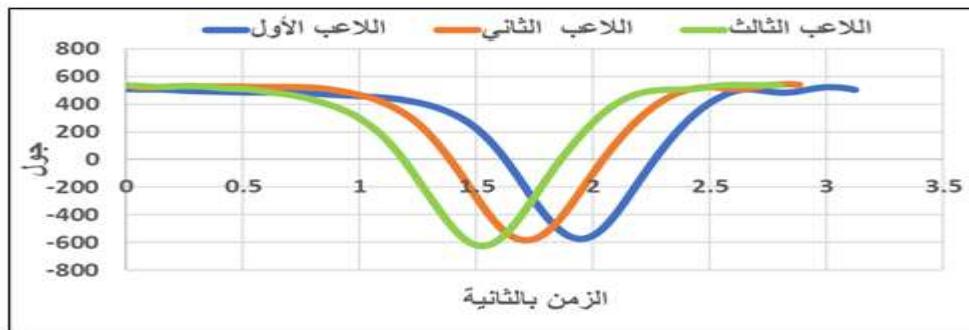


شكل (8) الرسم البياني للطاقة الجاذبية لعينة البحث

⁽¹⁾ Tsuchiya, J., Murata, K., & Fukunaga, T. (2004). Kinetic analysis of backward giant swings on parallel bars. International Journal of Sport and Health Science, 2, P. 211-221.

جدول (6) بيانات الطاقة الحركية لعينة البحث

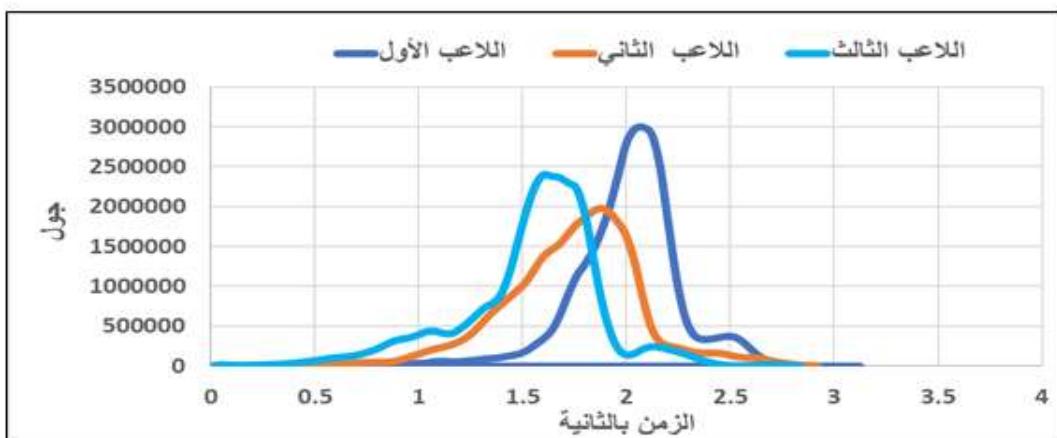
العينة	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة	المرحلة الرابعة
اللاعب الأول	1716.67	2613.09	1630.13	28.91
اللاعب الثاني	1823.22	3064.44	1588.47	75.71
اللاعب الثالث	1770.75	3096.55	1561.64	9.51



شكل (9) الرسم البياني للطاقة الحركية لعينة البحث

جدول (7) بيانات الطاقة الدورانية لعينة البحث

العينة	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة	المرحلة الرابعة
اللاعب الأول	343381	1536035	339040	926
اللاعب الثاني	688645	1536035	484795	6778
اللاعب الثالث	550445	1953958	452389	6778



شكل (10) الرسم البياني للطاقة الدورانية لعينة البحث

يتبيّن من الجداول (5) (6) (7) ويتضح من الأشكال (8) (9) (10) زيادة الطاقة الجاذبية للاعبين في المرحلة الأولى إلا أنها انخفضت في المرحلة الثانية ومن ثم ارتفعت في المرحلة الثالثة والرابعة. ويلاحظ

زيادة الطاقة الحركية الداخلية بسرعة في النصف الأخير من المرحلة الثانية، وظهرت القيمة القصوى للطاقة الحركية الداخلية في النصف الأول من المرحلة الثالثة وانخفضت في النصف الأخير من المرحلة الثالثة والنصف الأول من المرحلة الرابعة. ومن ناحية أخرى الطاقة الدورانية ازدادت بشكل مضطرب، إذ ازدادت من المرحلة الأولى والثانية ثم انخفضت في المرحلة الثالثة والرابعة. وتم تحويل الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية دورانية. ومع ذلك لم يتم تحويل كل الطاقة الكامنة إلى شكل حركي بسبب الاحتكاك بين يد اللاعب وعارضي المتوازي ومقاومة الهواء.



شكل (11) الرسم البياني للطاقة الكلية لعينة البحث

يوضح المخطط البياني في الشكل (11) إن الطاقة الدورانية كانت أكبر من الطاقة الكامنة والحركية كما إن الطاقة الحركية أيضاً كانت أكبر من الطاقة الجاذبية ومع ذلك فإن اللاعب الثالث كانت لديه طاقة كلية أكبر من بقية اللاعبين ويأتي بعده اللاعب الثاني ثم الأول، وهذا بسبب ابتعاد مركز كتلة اللاعب عن محور الدوران مع تمدد مفصل الكتف والورك وثني الركبة مما قلل من عزم القصور الذاتي وهذا أدى إلى زيادة زخمه الزاوي بسبب تفوق الطاقة الدورانية عن بقية اللاعبين.



شكل (12) المخطط البياني للطاقة الكلية لعينة البحث خلال المراحل

يوضح المخطط البياني في الشكل (12) عن تحويل الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية دورانية، ومع ذلك لم يتم تحويل كل الطاقة الكامنة إلى شكل حركي بسبب الاحتكاك بين يد اللاعب وعارضتي المتوازي ومقاومة الهواء، تم تخزين بعض الطاقة الميكانيكية المنخفضة كطاقة مرنة في عارضتي المتوازي ، وتم تحويل الطاقة الحركية الدورانية مرة أخرى إلى الطاقة الكامنة في المرحلتين الثالثة والرابعة، وفي المرحلة الثالثة تم استرداد الطاقة الإجمالية تقريرياً ، هذه الطاقة الميكانيكية المتزايدة كانت بسبب العمل العضلي الذي قام به لاعب الجمباز وتحويل الطاقة المرنة لعارضتي المتوازي إلى طاقة ميكانيكية لجسم لاعب الجمباز. أشارت نتائج التغييرات في زوايا المفصل وفي إجمالي الطاقة إلى أن العمل العضلي تم عن طريق تمديد مفصل الكتف وثني مفصل الورك والركبة في المرحلة الثالثة.

4- الاستنتاجات والتوصيات:

1-4 الاستنتاجات:

- انخفض إجمالي الطاقة الميكانيكية (فقدان الطاقة الميكانيكية) لجسم لاعب الجمباز في النصف الأخير في المرحلة الأولى والثانية بسبب الاحتكاك بين يد اللاعب وعارضتي جهاز المتوازي ومقاومة الهواء.
- العمل على استرداد الطاقة الميكانيكية الكلية لجسم لاعب الجمباز في المرحلة الثالثة، وتم تعويض فقدان الطاقة الميكانيكية من خلال العمل العضلي عن طريق ثني مفصل الورك وتمديد مفصل الكتف في النصف الأول من الصعود وثني مفصل الركبة ثم عاودت بالانخفاض في المرحلة الرابعة ولكن بصورة أقل من المرحلة الأولى والثانية وذلك بسبب القيود المفروضة على ارتفاع الجهاز.

3- ازداد تسريع الدائرة الكبرى بسبب تقليل عزم القصور الذاتي من خلال ثنى مفصل الركبة لغرض إكمال الدوران.

2-4 التوصيات:

1- التأكيد على أهمية الطاقة الميكانيكية وتقليل نسبة فقدانها من خلال إبعاد مركز الكتلة عن محور الدوران مع تمدد مفصل الكتف والورك وثنى الركبة وبالتالي زيادة الزخم الزاوي.

2- إجراء دراسات مشابهة لمتغيرات أخرى على عينات مختلفة.

المصادر

- 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 XXth International Symposium on Biomechanics in Sports, Applied Session in Data Acquisition and Processing, Caceres.,p. 3–14.
- Brewin, M. A., and Kerwin, D. G. (2003). Accuracy of Scaling and DLT Reconstruction Techniques for Planar Motion Analyses. *Journal of Applied Biomechanics*, 19, P. 79–88.
- Arampatzis, A., & Brüggemann, G.P. (1998). A mathematical high bar-human body model for analyzing and interpreting mechanical–energetic processes on the high bar. *Journal of Biomechanics*, 31, P. 1083–1092.
- Arampatzis, A., & Brüggemann, G.P. (1999). Mechanical energetic processes during the giant swing exercise before dismounts and flight elements on the high bar and the uneven parallel bars. *Journal of Biomechanics*, 32, P. 811–820.
- Brüggemann, G.P., Cheetam, P., Alp, Y., & Arampatzis, D. (1994). Approach to a biomechanical profile of dismounts and release–regrasp skills of the high bar. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, P. 291–312.

- Tsuchiya, J., Murata, K., & Fukunaga, T. (2004). Kinetic analysis of backward giant swings on parallel bars. International Journal of Sport and Health Science, 2, P. 211–221.
- Prassas, S. & Ariel, G. (2005). Kinematics of giant swings on the parallel bars. In Wang Q. (Eds.). 23 International Symposium on Biomechanics in Sports: P. 953–955.