



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

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).

©2021 This is an open access article under the CC by licenses

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



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.

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

تاريخ البحث

- متوفر على الانترنت: 2021/06/30

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

المتوازي في الجمباز

الكلمات المفتاحية

- الرسوم البيانية

- معالم الجسم

- ثنائي الأبعاد

- لبارامترات

- (Skill Spector).

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

أ.م.د. قاسم محمد صياح / 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 عربيان وواحد تركي. مقاطع الفيديو كانت من موقع الاتحاد الدولي للجمباز وكانت سرعة تردد الكاميرا (25) صورة بالثانية وعمودية على المستوى الفراغي. التحليل كان ثنائي الأبعاد بواسطة البرنامج البايوميكانيكي (Skill Spector). أشارت النتائج إلى أن انخفاض الطاقة الميكانيكية للجسم كله هو بسبب الاحتكاك بين أيدي لاعب الجمباز وعارضتي المتوازي، ومقاومة الهواء. فإكمال الدوران يتعين على اللاعب أن يقوم بعمل عضلي لتعويض هذه الخسائر في الطاقة. لذلك يتغير إجمالي الطاقة الميكانيكية مع العلاقة بين فقدان الطاقة والعمل العضلي.

1- التعريف بالبحث

1-1 مقدمة البحث وأهميته:

الدائرة الخلفية الكبرى على جهاز المتوازي في الجمباز الفني للرجال قد ابتكرت لأول مرة في العالم من قبل لاعب الجمباز الياباني إيزو كينموتسو (Eizo Kenmotsu)، في بطولة العالم للجمباز في ستراسبورغ (Strasbourg, 1979)، وتعد الدائرة الخلفية الكبرى عنصر من عناصر الجمباز الفني، يتم تنفيذ معظمها من قبل الرجال في جهاز العقلة، ومن قبل النساء على جهاز مختلف الارتفاعات و يتم تنفيذها أيضاً على جهاز المتوازي للرجال ولكنها تتميز بمسار دائري بين قضيبين متوازيين ممسكين من الداخل، مع ثني الركبتين في وضع معلق قسري بسبب قيود ارتفاع الجهاز ومن ثم تغيير قبضة اليد عند الوصول إلى وضع

الوقوف على اليدين. في السنوات الأخيرة أصبح هذا العنصر أكثر أهمية بسبب إمكانية دمج مع عنصر آخر خاصة مع عناصر الطيران، هذا المزيج مهم لكسب نقاط الجمع للحصول على قيمة صعوبة أعلى للسلسلة الحركية، حيث يقوم لاعبي الجمناز 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 الجمناز من نوع "المرجحة" 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 الكبرى، والقلبات، والوقوف على اليدين، إلخ. أما المهارات الثانوية هي المهارات التي تربط بين المهارات الأساسية داخل السلسلة الحركية، مثل الروند اووف، وقفزات اليدين، وقفزات متنوعة. وقد أجريت دراسات سابقة للدائرة الخلفية الكبرى على جهاز المتوازي لتوضيح الخصائص البايوميكانيكية (Tsuchiya, Murata & Fukunaga, 2004, 211)⁽¹⁾، (Prassas & Ariel, 2005, 953)⁽²⁾ لحساب عزم الدوران والقوة المبذولة في المفاصل في أداء الدائرة الخلفية الكبرى على جهاز المتوازي وأشاروا أن القوة التي تمارس في امتداد مفصل الكتف وانشاء مفصل الورك والركبة تلعب دوراً أساسياً عند أداء الدائرة الخلفية الكبرى 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 الكبرى على المتوازيين والذي يُعتبر أداءاً أساسياً لتحقيق عناصر فنية أكثر صعوبة كما هو مذكور أعلاه وفعالة في توضيح فنية الحركة ليتم استخدامها في التدريب الفعال في الجمناز.

1-2 مشكلة البحث:

في الدائرة الخلفية الكبرى يتم تقليل الطاقة الميكانيكية للجسم كله بسبب الاحتكاك بين أيدي لاعب الجمناز والمتوازيين ومقاومة الهواء. ولإكمال الدوران يتعين على اللاعب أن يقوم بعمل عضلي أكبر وأسرع لتعويض هذه الخسائر في الطاقة، لذا ارتأى الباحثون تحليل أداء أفضل ثلاثة لاعبين للمهارة قيد الدراسة ممن 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 الكبرى 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 الإشارة عن تغيرات الطاقة الميكانيكية للجسم كله خلال الدائرة الخلفية الكبرى على المتوازيين.

1-3 هدف الدراسة:

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

2- منهج البحث وإجراءاته الميدانية:

1-2 منهج البحث:

اعتمد الباحثون المنهج الوصفي لعينة البحث.

2-2 عينة البحث:

تم اختيار عينة البحث بالطريقة العمدية حيث تمثلت في ثلاثة لاعبين، هم (أحمد أوندر) لاعب جمناز تركي، وذلك في بطولة العالم للجمناز الفني لعام 2019 في شتوتغارت - ألمانيا وفاز بالميدالية الفضية على جهاز المتوازي، واللاعب المصري (محمد عفيفي) في بطولة أفريقيا للجمناز الفني لعام 2018 بناميبيا فاز بالميدالية الذهبية على جهاز المتوازي، واللاعب الجزائري هلال متيجي فاز بالميدالية الذهبية على جهاز المتوازي في بطولة أفريقيا للجمناز 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 (22.7 ± 3.7 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:

1-3-2 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 سبكتور (Skill Spector)،

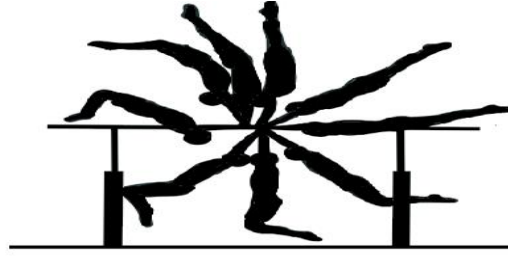
معادلة زوايا التصوير (Prospective Filter)، برنامج (Dartfish 5.5)، برنامج اكسل.

2-4 الإجراءات الميدانية:

1-4-2 معالجة البيانات:

قام الباحثون بإجراء التحليل الحركي ثنائي 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 الملتقطة 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 سبكتور (Skill Spector) هو تطبيق مصمم لتقديم 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 والكينتيكية 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 بال جول. بدأ التحليل من وضع الوقوف على اليدين وتم تقسيم دورة واحدة إلى أربع مراحل كل 90 درجة من الازاحة الزاوية لمركز كتلة الجسم.

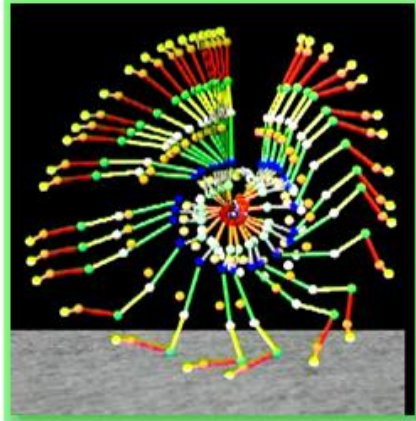


شكل (1) المهارة قيد الدراسة

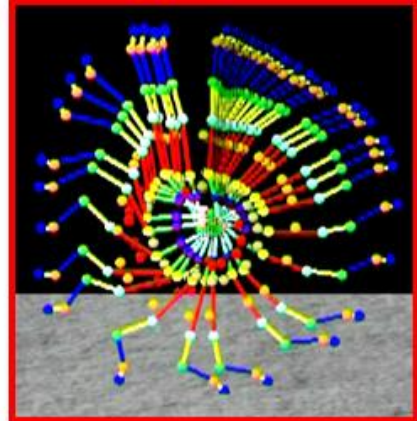
تم استخدام نموذج رياضي مكون من ثمانية أجزاء من الجسم للتحليل الميكانيكي الذي يمثل أجزاء الجسم الفردية، تمثل معالم الجسم المرقمنة من نقاط النهاية لكل مقطع لتكوين نموذج رياضي من ثمانية أجزاء من أجزاء الجسم الفردية وهي القدم والساق والفخذ والجذع والعضد والساعد واليد والرأس. تم استخدام معادلة زوايا التصوير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

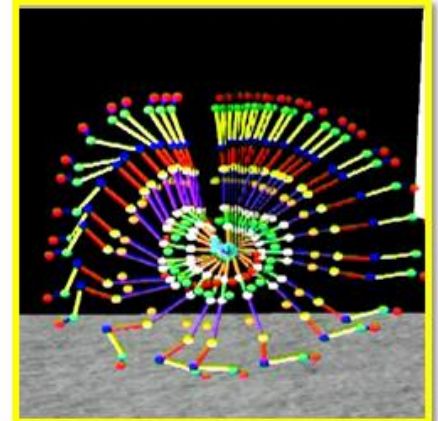
2-4-1-1 الأشكال العنصرية: التسلسل الحركي لمهارة الدائرة الخلفية الكبرى لكافة اللاعبين ومن خلال برنامج التحليل الحركي (Skill Spector). الأشكال العنصرية هو لتوضيح كيف ان اللاعبين يتخذون المسار الحركي من خلال عمل مفاصل الجسم ومسار مركز ثقل الجسم، تم انتاج هذا العمل من خلال برنامج (Skill Spector) والتسلسل 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

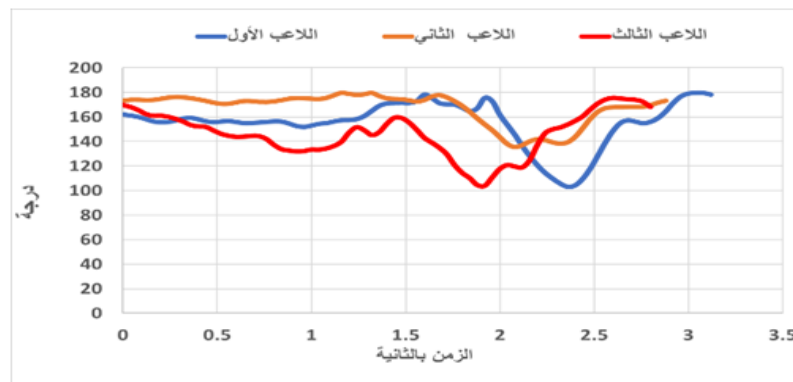
العينة	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة	المرحلة الرابعة	الزمن الكلي
اللاعب الأول	1.6	0.32	0.4	0.64	2.96
اللاعب الثاني	1.36	0.36	0.4	0.6	2.72
اللاعب الثالث	1.24	0.28	0.4	0.72	2.62

يبين الجدول (1) إن لاعبي الجمناز أمضوا وقتاً أطول في المرحلة الأولى والأخيرة، كان هذا متوقعاً أن يكتسب لاعبي الجمناز تدريجياً زخماً زاوياً في الاتجاه الهبوطي، ويفقدونه تدريجياً في الاتجاه الصاعد في اتجاه عقارب الساعة، فإن هذا الريح والخسارة في الزخم الزاوي هو إلى أقصى حد نتيجة تأثير وزن لاعب الجمناز، 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 القضبان 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 (Brüggeman et al, 1994, 291)⁽¹⁾ و (Arampatzis & Brüggeman, 1998-1999, 1083)⁽²⁾ إذ أشارا إلى أن تبادل الطاقة بين العارضتين وجسم لاعب الجمناز يعد معلمة مهمة لنوعية الدائرة الكبرى.

جدول (2) بيانات زاوية الكتف

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

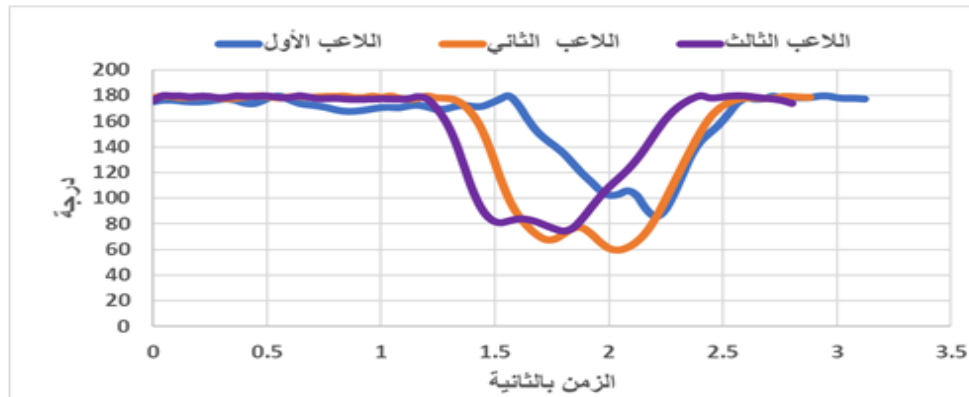


شكل (5) زاوية الكتف لعينة البحث

- (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 للورك لعينة البحث

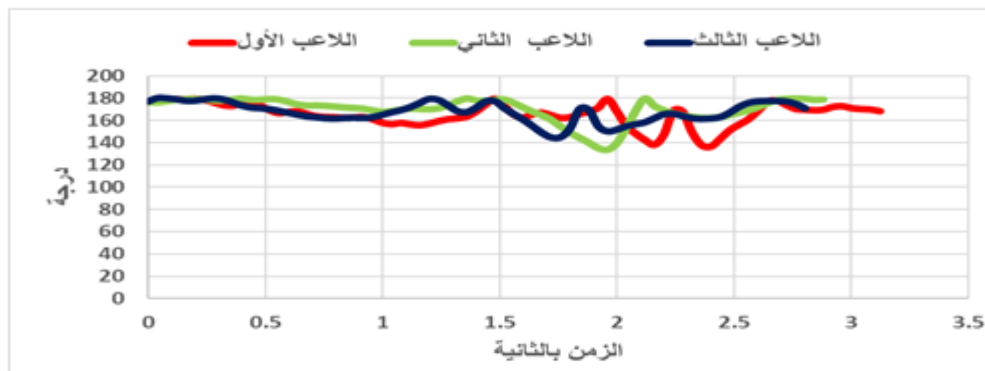
المرحلة الرابعة	المرحلة الثالثة	المرحلة الثانية	المرحلة الأولى	العينة
168.31	149.05	171.34	162.52	اللاعب الأول
168.31	142.08	166.89	163.40	اللاعب الثاني
170.7149	154.6982	170.7483	178.0233	اللاعب الثالث



شكل (6) الرسم البياني لزاوية الورك لعينة البحث

جدول (4) بيانات الركبة لعينة البحث

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



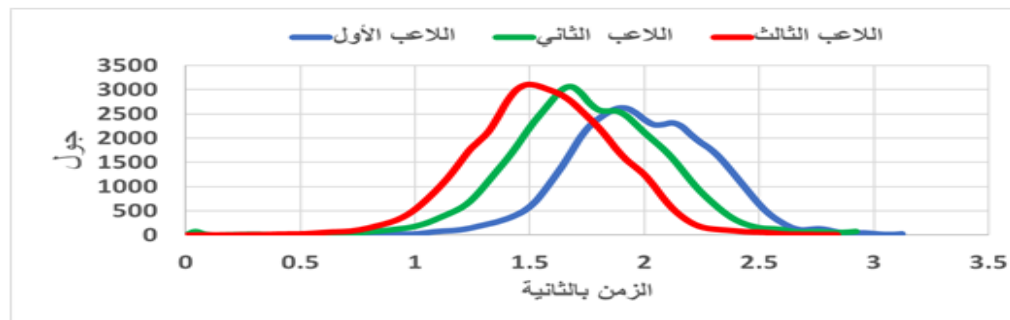
شكل (7) زاوية الركبة لعينة البحث

يتبين من الجداول (2) (3) (4)، ويتضح من الأشكال (5) (6) (7) التغيرات في زاوية الكتف والورك والركبة، إذ تمتد مفصل الكتف في المرحلة الثالثة، وانحنى في النصف الأول من المرحلة الرابعة. أما مفصل الورك امتد قليلاً في النصف الأخير من المرحلة الثانية، وانحنى في المرحلة الثالثة وفي النصف الأول من المرحلة الرابعة، تمتد مفصل الورك مرة أخرى.

تكون زاوية مفصل الكتف أصغر دائماً على جهاز المتوازي مقارنةً بالعقلة، بينما يكون نمط زاوية مفصل الورك متطابقاً تقريباً على جهاز المتوازي والعقلة، لقد تم الإشارة إليها سابقاً عن أن تمتد مفصل الورك في اتجاه الهبوط للأسفل وانتثائه للأعلى يحتاج إلى مزيد من المرجحة 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 الجمناز المرجحة مع ثني 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 تمتد بمفاصل الركبة بشكل أوسع. ووفقاً للنتائج الزمنية تزداد السرعة الزاوية أثناء الهبوط للأسفل وتقل في الصعود للأعلى للحفاظ على ثني 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

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

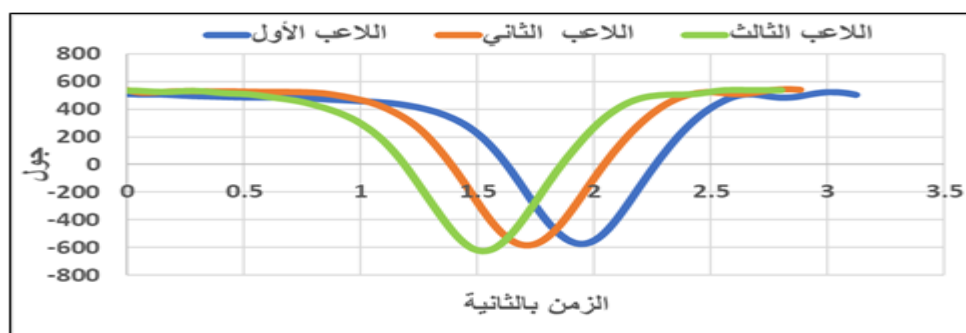


شكل (8) الرسم البياني للطاقة الجاذبية لعينة البحث

⁽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

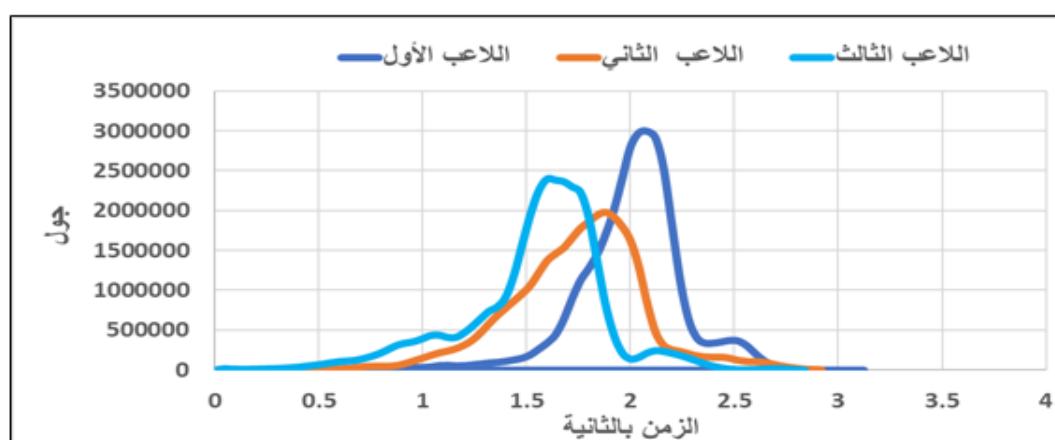
المرحلة الرابعة	المرحلة الثالثة	المرحلة الثانية	المرحلة الأولى	العينة
28.91	1630.13	2613.09	1716.67	اللاعب الأول
75.71	1588.47	3064.44	1823.22	اللاعب الثاني
9.51	1561.64	3096.55	1770.75	اللاعب الثالث



شكل (9) الرسم البياني للطاقة الحركية لعينة البحث

جدول (7) بيانات الطاقة الدورانية لعينة البحث

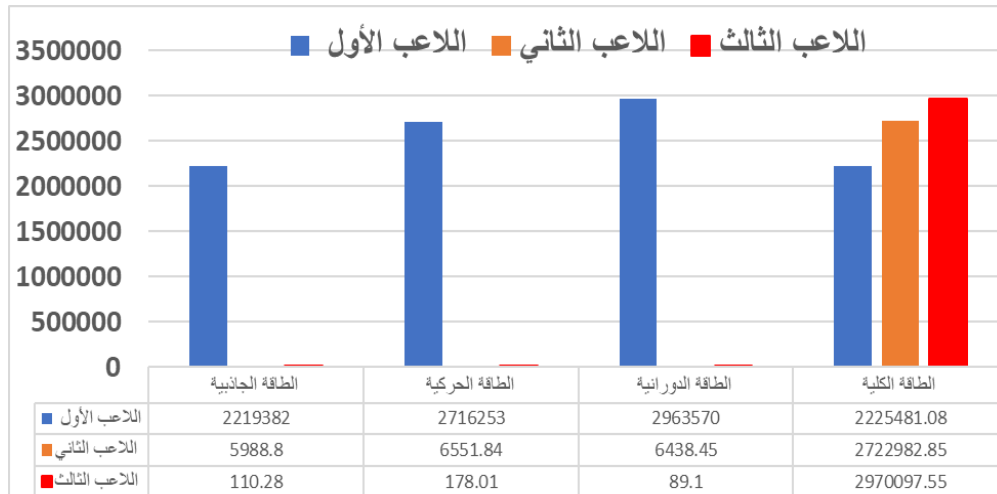
المرحلة الرابعة	المرحلة الثالثة	المرحلة الثانية	المرحلة الأولى	العينة
926	339040	1536035	343381	اللاعب الأول
6778	484795	1536035	688645	اللاعب الثاني
6778	452389	1953958	550445	اللاعب الثالث



شكل (10) الرسم البياني للطاقة الدورانية لعينة البحث

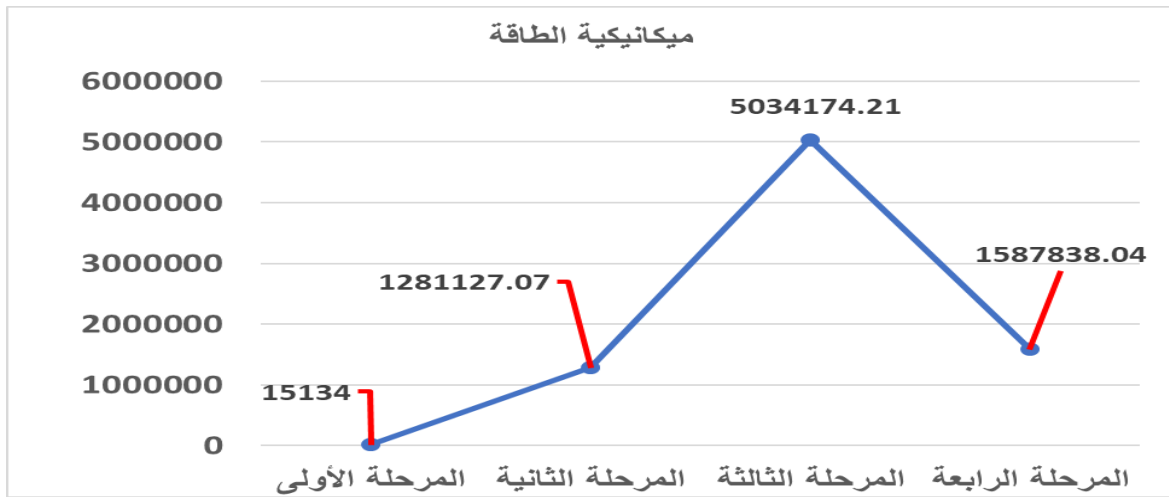
يتبين من الجداول (5) (6) (7) ويتضح من الأشكال (8) (9) (10) زيادة الطاقة الجاذبية للاعبين في المرحلة الأولى إلا أنها انخفضت في المرحلة الثانية ومن ثم ارتفعت في المرحلة الثالثة والرابعة. ويلاحظ

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 مضطرد، إذ ازدادت من المرحلة الأولى والثانية ثم انخفضت في المرحلة الثالثة والرابعة. وتم تحويل الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية ودورانية. ومع ذلك لم يتم تحويل كل الطاقة الكامنة إلى شكل حركي بسبب الاحتكاك بين يد اللاعب وعارضتي 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 وهكذا 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 ودورانية، 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 تقريباً ، 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:

4-1 الاستنتاجات:

- 1- انخفض إجمالي الطاقة الميكانيكية (فقدان الطاقة الميكانيكية) لكامل الجسم في النصف الأخير في المرحلة الأولى والثانية بسبب الاحتكاك بين يد اللاعب وعارضتي جهاز المتوازي ومقاومة الهواء.
- 2- العمل على استرداد الطاقة الميكانيكية الكلية للجسم كله 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 ثني مفصل الركبة لغرض إكمال الدوران.

4-2 التوصيات:

- 1- التأكيد على أهمية الطاقة الميكانيكية وتقليل نسبة فقدانها من خلال إبعاد مركز الكتلة عن محور الدوران مع تمدد مفصل الكتف والورك وثني 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.