Journal of Sports Sciences
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
Journal Homepage: https://pessj.uodiyala.edu.iq

Information Article

A Comparative Analysis of Kinematic Variables Between the Dimidov and Healy Skills: Biomechanical Implications for Routine Construction on the Parallel Bars

Sajjad Abdulameer Hussein
University of Baghdad / College of Science

ARTICLE INFO

Keywords: biomechanical analysis, Dimidov skill, Healy skill, kinematic variables, parallel bars, routine construction.

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare kinematic parameters of accomplishment of the skills Dimidov and Healy when performed on the parallel bars, and find out biomechanical aspects for using this exercise in artistic gymnastics during training sessions. The descriptive method with a comparative approach was adopted. The physical characteristics of the research sample were five advanced-level male gymnasts who were able to perform both skills. High speed cameras were used in conjunction with the Kinovea motion analysis software to extract relevant kinematic variables: shoulder, elbow and hip joint angles, linear velocity, angular velocity, angular acceleration, trajectory of body's center of mass, and movement time, among other variables, across different phases of the performance. Execution of both skills (Dimidov and Healy) was split into three stages – preparatory, main and final – in order to study the mechanics of each stage of the skills separately. Several kinematic variables in the results showed that there were significant differences between the two skills, at least statistically: angular velocity, angular acceleration, and movement time. The Dimidov skill had higher angular velocities and angular accelerations, shorter movement time and had a transitional nature, requiring higher angular momentum to be generated in a short time window. In contrast, Healy's best skill showed longer movement times and relatively low angular velocity and acceleration values, suggesting that he relies on the continuity of movement and rotation control of rotational inertia in longitudinal axis rotation. The kinematic differences between the movements in the Dimidov and Healy skills may also have important implications for the functional role of each of these skills in a parallel bars piece, and, therefore, highlight the importance of using the skills in accordance with their kinematic properties to maximize the efficiency of movement production and, consequently, technical performance.

Corresponding Author
E-mail address:
DOI: https://doi.org/10.26400/Sep./69/19
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

مقارنة المتغيرات الكينماتيكية بين الدايمدوف والهيلي دلالات بايوميكانيكية لبناء جملة الحركات على جهاز المتوازي

سجاد عبد الأمير حسين

جامعة بغداد /كلية العلوم

معلومات المقال

الكلمات المفتاحية:
التحليل البايوميكانيكي، مهارة الدايمدوف، مهارة الهيلي، ، المتغيرات الكينماتيكية، جهاز المتوازي، الجملة الحركية.

الملخص

يهدف هذا البحث إلى مقارنة المتغيرات الكينماتيكية المصاحبة لأداء مهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي، والكشف عن دلالاتها البايوميكانيكية في بناء الجملة الحركية لدى لاعبي الجمباز الفني. اعتمد الباحث المنهج الوصفي بأسلوب الدراسة المقارنة، وشملت عينة البحث (5) لاعبين من لاعبي الجمباز الفني فئة المتقدمين ممن يجيدون أداء المهارتين. جرى تحليل الأداء الحركي باستخدام كاميرات تصوير عالية السرعة، وبالاعتماد على برنامج التحليل الحركي (Kinovea) لاستخراج المتغيرات الكينماتيكية، والتي شملت الزوايا المفصلية لمفاصل الكتف والمرفق والورك، والسرعة الخطية والسرعة الزاوية، والتعجيل الزاوي، ومسار مركز ثقل الجسم، إضافة إلى الزمن الحركي لمراحل الأداء المختلفة. وقد قُسّم الأداء المهاري لكل من مهارتي الدايمدوف والهيلي إلى مراحل حركية رئيسة (التهيؤ، المرحلة الرئيسة، مرحلة الإنهاء) لغرض تحليل الخصائص الميكانيكية لكل مرحلة على حدة. أظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المهارتين في عدد من المتغيرات الكينماتيكية، ولا سيما السرعة الزاوية والتعجيل الزاوي والزمن الحركي، إذ تميزت مهارة الدايمدوف بارتفاع قيم السرعة والتعجيل الزاوي وانخفاض الزمن الحركي، مما يعكس طبيعتها كمهارة انتقالية تعتمد على توليد زخم زاوي عالٍ خلال زمن قصير، في حين أظهرت مهارة الهيلي زمنًا حركيًا أطول وقيمًا أقل نسبيًا للسرعة والتعجيل الزاوي، بما يعكس اعتمادها على الاستمرارية الحركية والتحكم في القصور الذاتي أثناء الدوران حول المحور الطولي للجسم. وتشير نتائج البحث إلى أن الفروق الكينماتيكية بين مهارتي الدايمدوف والهيلي تحمل دلالات بايوميكانيكية مهمة تسهم في تحديد الدور الوظيفي لكل مهارة داخل الجملة الحركية على جهاز المتوازي، وتؤكد ضرورة توظيف كل مهارة وفق خصائصها الميكانيكية لتحقيق أعلى كفاءة حركية وأداء فني أمثل.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

1 – المقدمة:

يُعد جهاز المتوازي من الأجهزة الأساسية في الجمباز الفني لما يتطلبه من تكامل دقيق بين القوة البدنية، والتوافق العصبي العضلي، والسيطرة على الزخم الحركي أثناء الأداء، إذ تُبنى الجملة الحركية عليه وفق تسلسل مهاري يهدف إلى تحقيق أعلى كفاءة ميكانيكية ممكنة مع المحافظة على الاستمرارية والانسيابية وتقليل فقدان الطاقة اذ تُعد المتغيرات الكينماتيكية من أهم الأسس العلمية في تحليل الأداء الحركي، لما توفره من مؤشرات كمية دقيقة تعكس طبيعة الحركة من حيث الإزاحة والسرعة والتعجيل الزاوي والزمن، وتسهم في تفسير جودة الأداء الفني بعيدًا عن التقييم الوصفي. وتبرز مهارتا الدايمدوف والهيلي بوصفهما من المهارات الانتقالية المهمة في جمل جهاز المتوازي، إذ تُستخدمان لتحقيق متطلبات الصعوبة الفنية والربط الحركي بين أجزاء الجملة، على الرغم من اختلاف خصائصهما الميكانيكية من حيث اتجاه الدوران، وطبيعة توليد الزخم الزاوي، ونمط التحكم بالجسم أثناء الأداء. ويؤدي هذا الاختلاف إلى تباين في المتطلبات البايوميكانيكية لكل مهارة، الأمر الذي ينعكس بصورة مباشرة على أسلوب تنفيذها وموضع إدراجها داخل الجملة الحركية وعلى الرغم من الأهمية التطبيقية لهاتين المهارتين، فإن الاعتماد على الخبرة التدريبية وحدها لا يكفي لتحديد الفروق الدقيقة بينهما أو تفسير أسباب التفوق الفني، مما يبرز الحاجة إلى التحليل الكينماتيكي الدقيق بوصفه أداة علمية موضوعية وهنا تبرز أهمية هذا البحث من سعيه إلى مقارنة المتغيرات الكينماتيكية لمهارتي الدايمدوف والهيلي، والكشف عن دلالاتها البايوميكانيكية في بناء الجملة الحركية على جهاز المتوازي، بما يوفر قاعدة علمية تسهم في تطوير أساليب التدريب، وتحسين تقويم الأداء الفني، واختيار وتسلسل المهارات بما يحقق أعلى كفاءة حركية وأداء فني أمثل.

مشكلة البحث

تواجه عملية بناء الجمل الحركية على جهاز المتوازي تحديات فنية وبايوميكانيكية تتعلق بحسن اختيار المهارات وترتيبها بما يحقق الانسيابية الحركية والكفاءة في الأداء مع المحافظة على الزخم أثناء تنفيذ المهارات المختلفة، ولا سيما المهارات الانتقالية التي تتطلب درجة عالية من التوافق والسيطرة على الحركة وتُعد مهارتا الدايمدوف والهيلي من المهارات المهمة على جهاز المتوازي، إذ تؤدي كل منهما دورًا مهمًا في الربط الحركي وتحقيق متطلبات الصعوبة الفنية، على الرغم من اختلاف طبيعة الأداء في كل مهارة وعلى الرغم من الاستخدام المتكرر لهاتين المهارتين، فإن الحكم على مدى ملاءمتهما داخل الجملة يعتمد غالبًا على الخبرة التدريبية والملاحظة الفنية المباشرة أكثر من اعتماده على التحليل العلمي الدقيق وقد يؤدي عدم وضوح طبيعة الأداء الحركي

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

لكل مهارة إلى ضعف في التدريب أو اختيار غير مناسب لموضع المهارة داخل الاداء، الأمر الذي قد ينعكس سلبًا على استمرارية الأداء وجودته ومن هنا تتحدد مشكلة البحث في الحاجة إلى دراسة مقارنة توضح المتغيرات الكينماتيكية المصاحبة لأداء مهارتي الدايمدوف والهيلي، والكشف عن دلالاتها البايوميكانيكية بما يسهم في تطوير عملية بناء الجمل الحركية على جهاز المتوازي وفق أسس علمية دقيقة.

اهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى:

1. التعرف على قيم المتغيرات الكينماتيكية الأساسية المصاحبة لأداء مهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي.
2. مقارنة المتغيرات الكينماتيكية بين مهارتي الدايمدوف والهيلي للكشف عن أوجه التشابه والاختلاف في خصائص الأداء الحركي.
3. تحديد الفروق في السرعة والتعجيل الزاوي والزمن الحركي بين المهارتين أثناء مراحل الأداء المختلفة.

فروض البحث:

1. توجد فروق ذات دلالة إحصائية في المتغيرات الكينماتيكية بين مهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي.
2. توجد فروق ذات دلالة إحصائية في السرعة الزاوية والتعجيل الزاوي بين مهارتي الدايمدوف والهيلي أثناء مراحل الأداء المختلفة.
3. توجد فروق ذات دلالة إحصائية في الزمن الحركي بين مهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي.

مجالات البحث

المجال البشري: شمل البحث عينة من لاعبي الجمباز الفني ، بلغ عددهم (5) لاعبين، ممن يجيدون أداء مهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي.

المجال الزماني: المدة الزمنية الممتدة من 1 /10 / 2024ولغاية 1 / 11 / 2024،

المجال المكاني: أجريت التجربة الميدانية على ملعب كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة جامعة بغداد.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

2-منهجية البحث واجراءاته الميدانية

2-1 منهجية البحث:

اعتمد الباحث المنهج الوصفي، لملاءمته طبيعة البحث الذي يهدف إلى مقارنة المتغيرات الكينماتيكية بين مهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي.

2-2 عينة البحث

اختيرت عينة البحث عمديًا من لاعبي الجمباز الفني فئة المتقدمين ممن يمتلكون القدرة على أداء مهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي، وبلغ عدد أفرادها (5) لاعبين، وذلك لتمتعهم بمستوى بدني ومهاري متقارب يسمح بإجراء التحليل البايوميكانيكي بدقة وموضوعية. تم اجراء تجانس للعينة في المتغيرات الأساسية المتمثلة بـ (العمر، الطول، الوزن) للتحقق من تقاربها إحصائيًا، باستخدام الوسط الحسابي والانحراف المعياري ومعامل الالتواء، كما هو موضح في جدول .(1)

الجدول (1) يبين تجانس عينة البحث في قيم الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية والوسيط ومعامل الالتواء في الطول والوزن والعمر

ت	المعالم الاحصائية المتغيرات	الوسط الحسابي	الوسيط	الانحراف المعياري	معامل الالتواء
1	الطول (سم)	172.6	173.0	4.05	-0.21
2	الوزن (كغم)	68.9	69.02	3.72	0.18
3	العمر (سنة)	18.4	18.01	0.96	0.141

2-3 الوسائل والأدوات والأجهزة المستخدمة في البحث

2-3-1 وسائل جمع المعلومات

استخدم الباحث مجموعة من الوسائل العلمية المعتمدة للحصول على البيانات والمعلومات اللازمة لتحقيق أهداف البحث بدقة وموضوعية، وتمثلت هذه الوسائل في مراجعة الدراسات السابقة والمصادر العلمية المتخصصة ذات الصلة بموضوع البحث، والاستعانة بشبكة المعلومات الدولية (الإنترنت) ، الاعتماد على الملاحظة العلمية المنظمة لمتابعة الأداء المهاري، واستخدام استمارة خاصة لتسجيل البيانات المتعلقة بالمتغيرات قيد الدراسة.

2-3-2 الأدوات والاجهزة المستخدمة بالبحث:

اعتمد الباحث مجموعة من الأدوات والأجهزة العلمية اللازمة لإجراء عمليات التصوير والتحليل، وذلك بهدف جمع البيانات وتحقيق أهداف البحث بدقة وموضوعية. وقد شملت هذه الأدوات والأجهزة ما يأتي:

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

1-**جهاز المتوازي**

وهو جهاز قانوني مطابق لمواصفات الاتحاد الدولي للجمباز(FIG) ، استُخدم في تنفيذ مهارتي الدايمدوف والهيلي وتصوير مراحلهما الحركية المختلفة لغرض التحليل البايوميكانيكي.

2-**كاميرات تصوير عالية السرعة**

استُخدمت كاميرتان رقميتان عاليتا السرعة، وبمعدل تصوير يتراوح بين (240 إطار/ثانية)، لتصوير الأداء المهاري لمهارتي الدايمدوف والهيلي بما يضمن دقة تسجيل الحركة وتحليلها.

3-**حوامل ثلاثية** أُستُخدمت حوامل ثلاثية لتثبيت الكاميرات.

4- **برنامج التحليل البايوميكانيكي:**

أُستخدم أحد برامج التحليل الحركي المتخصص، برنامج(Kinovea) ، لاستخراج المتغيرات الكينماتيكية المتعلقة بالزوايا المفصلية، والسرعات الخطية والزاوية، والمسافات، ومسار مركز ثقل الجسم أثناء أداء مهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي.

4-2 الاختبارات والقياسات المستخدمة في البحث

اعتمد الباحث مجموعة من الاختبارات والقياسات العلمية الملائمة لطبيعة البحث وأهدافه، بهدف الحصول على بيانات دقيقة تسهم في تحليل المتغيرات الكينماتيكية وتفسير دلالاتها البايوميكانيكية أثناء أداء مهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي. وقد شملت هذه الاختبارات والقياسات ما يأتي:

1. القياسات الأنثروبومترية:

تم قياس الطول باستخدام شريط قياس مدرّج، وقياس الوزن باستخدام ميزان طبي إلكتروني، وذلك لغرض توصيف عينة البحث وإجراء تجانسها في المتغيرات الأساسية (العمر، الطول، الوزن).

2. اختبار الأداء المهاري:

تم تصوير أداء مهارتي الدايمدوف والهيلي لكل لاعب على جهاز المتوازي، حيث أُديت كل مهارة عدة محاولات بعد الإحماء المناسب، وتم اعتماد أفضل محاولة من حيث الأداء الفني لغرض التحليل البايوميكانيكي.

3. القياسات الكينماتيكية:

استُخرجت المتغيرات الكينماتيكية من خلال تحليل التسجيلات المصوّرة باستخدام برامج التحليل الحركي المتخصصة، وشملت قياس الزوايا المفصلية، والسرعة الخطية، والسرعة الزاوية،

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

والتعجيل الزاوي، والإزاحة، والزمن الحركي، ومسار مركز ثقل الجسم أثناء مراحل الأداء المختلفة لكل مهارة.

2-5الاختبارات البايوميكانيكية (عبر التحليل الحركي)

اعتمد الباحث في هذا البحث على الاختبارات البايوميكانيكية القائمة على التحليل الحركي لقياس وتحديد المتغيرات الكينماتيكية المصاحبة لأداء مهارتي الدايمدوف (Dimidov) والهيلي (Healy)على جهاز المتوازي، من خلال تصوير الأداء باستخدام كاميرات ذات سرعه عالية وتحليل بواسطة برامج التحليل البايوميكانيكي المتخصصة. وتُعد مهارة الدايمدوف مهارة انتقالية تعتمد على المرجحة الخلفية وتوليد زخم زاوي مرتفع، يعقبه تحويل اتجاه الحركة من المرجحة إلى الارتكاز عبر مفصل الكتف، إذ يقوم اللاعب بإعادة توجيه الزخم الحركي للجسم مع التحكم في وضعية الجذع والذراعين للانتقال من وضع التعليق إلى وضع الدعم على العارضتين. أما مهارة الهيلي فهي مهارة دورانية تتميز بالدوران حول المحور الطولي للجسم أثناء الارتكاز على جهاز المتوازي، وتعتمد على التحكم في القصور الذاتي وتوقيت دوران الجذع والكتفين لتحقيق استمرارية الحركة والمحافظة على الاتزان أثناء الأداء. وشمل التحليل قياس مجموعة من المتغيرات الكينماتيكية، تمثلت في الزوايا المفصلية لمفاصل الكتف والمرفق والورك، والسرعة الخطية والزاوية، والتعجيل الزاوي، ومسار مركز ثقل الجسم، إضافة إلى الزمن الحركي لمراحل الأداء المختلفة. ولغرض تفسير الخصائص الميكانيكية للأداء بدقة، جرى تقسيم أداء مهارتي الدايمدوف والهيلي إلى مراحل حركية متتابعة شملت مرحلة التهيؤ (الإعداد) المولِّدة للزخم الحركي، تليها مرحلة الأداء الرئيسة التي يتم فيها تنفيذ الحركة الانتقالية في الدايمدوف أو الدوران الطولي في الهيلي، ثم مرحلة الاستقرار أو الإنهاء التي تهدف إلى السيطرة على الحركة والحفاظ على الاتزان والاستعداد للانتقال إلى المهارة اللاحقة ضمن الجملة الحركية.

الأدوات المستخدمة:

- كاميرا تصوير عالية السرعة.(240 fps)
- برنامج تحليل فيديو Kinovea

2-6 التجربة الاستطلاعية:

أُجريت التجربة الاستطلاعية بتاريخ 2024/10/1 في الساعة العاشرة صباحًا، على لاعبين اثنين من لاعبي الجمباز الفني من خارج العينة الأساسية للبحث، وذلك في قاعة كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة / جامعة بغداد، وهي القاعة نفسها التي ستُنفذ فيها التجربة الرئيسة. هدفت التجربة إلى التحقق من سلامة الإجراءات الميدانية الخاصة بعمليات التصوير والتحليل

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

البايوميكانيكي، فضلاً عن تحليل أداء مهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي وشملت التجربة التأكد من كفاءة كاميرات التصوير عالية السرعة من حيث وضوح الصورة وثبات عدد الإطارات وعدم حدوث اهتزاز أثناء التسجيل، إضافة إلى تحديد أفضل مواقع الكاميرات وزوايا التصوير المناسبة بما يضمن تغطية المسار الحركي الكامل للمهارتين وإمكانية قياس الزوايا المفصلية بدقة عالية. كما تضمنت إدخال التسجيلات المصورة إلى برنامج التحليل الحركي (Kinovea)للتأكد من وضوح النقاط المرجعية ودقة التزامن الزمني بين بداية الأداء وبداية التصوير.

كذلك تم اختبار عملية تثبيت العلامات على المفاصل الرئيسة للاعبين، والمتمثلة بمفاصل الكتف المرفق والورك والركبة والكاحل، بهدف ضمان دقة قياس الزوايا والسرعات خلال مراحل الأداء المختلفة. وشملت التجربة أيضًا فحص الأجهزة والأدوات المستخدمة في اختبارات القوة البدنية والاتزان الحركي للتأكد من جاهزيتها للعمل.

وأظهرت نتائج التجربة الاستطلاعية أن الأجهزة والأدوات المستخدمة كانت تعمل بكفاءة جيدة، وأن الإجراءات الميدانية قابلة للتطبيق ضمن الزمن المحدد، فضلًا عن إمكانية إجراء بعض التعديلات التنظيمية البسيطة التي أسهمت في تحسين انسيابية العمل ورفع مستوى الدقة في جمع بيانات التحليل البايوميكانيكي الخاصة بالتجربة الرئيسة.

2-7 الاختبارات الرئيسة

بعد الانتهاء من تنفيذ التجربة الاستطلاعية ومعالجة الملاحظات الفنية والتنظيمية التي ظهرت خلالها، أجرى الباحث اختبارات التجربة الرئيسة على عينة البحث البالغ عددها (5) لاعبين من لاعبي الجمباز الفني فئة المتقدمين، وذلك بتاريخ 2024/10/3 في القاعة المخصصة لتنفيذ التجربة في كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة / جامعة بغداد وقد نُفذت الاختبارات في ظروف ميدانية موحدة من حيث توقيت التنفيذ، والأجهزة والأدوات المستخدمة، وإعدادات كاميرات التصوير، ونوعية الأرضية، ودرجة الحرارة، فضلاً عن ترتيب تنفيذ الاختبارات، وذلك بهدف تثبيت الظروف التجريبية وتقليل تأثير المتغيرات الخارجية في نتائج القياس والتحليل البايوميكانيكي.

اليوم الأول

تضمن تنفيذ الاختبارات ذات العلاقة بالمكونات البدنية الأساسية، وتشمل:

1. **القياسات الأنثروبومترية**
   - الطول
   - الوزن

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

التحليل البايوميكانيكي لمهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي، وشمل ما يأتي:

تصوير الأداء الحركي:

تم تصوير أداء مهارتي الدايمدوف والهيلي باستخدام كاميرات عالية السرعة، وبزوايا تصوير مناسبة، لضمان تسجيل جميع مراحل الأداء الحركي بدقة وفي المستويات الحركية المطلوبة.

تقسيم الأداء إلى مراحل حركية:

جرى تقسيم أداء كل من مهارتي الدايمدوف والهيلي إلى مراحل حركية رئيسة (مرحلة التهيؤ، مرحلة الأداء الرئيسة، ومرحلة الاستقرار أو الإنهاء)، اعتمادًا على التغيرات الواضحة في الوضعيات المفصلية ومسار مركز ثقل الجسم.

تحديد النقاط التشريحية:

تم تحديد وتثبيت العلامات البصرية على المفاصل الرئيسة للجسم، ولا سيما مفاصل الكتف والمرفق والورك، لغرض تتبع الحركة وقياس الزوايا المفصلية بدقة أثناء الأداء.

استخراج المتغيرات الكينماتيكية:

شمل التحليل قياس الزوايا المفصلية، والسرعة الخطية، والسرعة الزاوية، والتعجيل الزاوي، والإزاحة، ومسار مركز ثقل الجسم، إضافة إلى الزمن الحركي لكل مرحلة من مراحل الأداء.

2-8الوسائل الإحصائية: اعتمد الباحث في معالجة البيانات الإحصائية على البرنامج الإحصائي (SPSS)بما يتلاءم مع طبيعة البحث المقارن بين مهارتي الدايمدوف والهيلي

3.عرض النتائج وتحليلها ومناقشتها:

عرض نتائج المتغيرات الكينماتيكية المستخلصة من التحليل البايوميكانيكي لأداء مهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي، وتحليلها إحصائيًا، ومناقشتها والدلالات البايوميكانيكية المرتبطة ببناء الجملة الحركية.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

الجدول (2) المعالم الإحصائية لمتغيرات البحث مستوى الدلالة ($\alpha = 0.05$)

المتغير الكينماتيكي	المهارة	الوسط الحسابي	الوسيط	الانحراف المعياري	معامل الالتواء
السرعة الزاوية	الدايمدوف	6.82	6.80	0.41	−0.12
(rad/s)	الهيلي	5.94	5.90	0.36	0.08
التعجيل الزاوي	الدايمدوف	18.60	18.40	1.25	−0.15
(rad/s²)	الهيلي	15.20	15.10	1.10	0.11
الزمن الحركي	الدايمدوف	1.42	1.40	0.09	0.06
(ثانية)	الهيلي	1.78	1.80	0.11	−0.04
زاوية مفصل الكتف	الدايمدوف	162.4	163.0	4.8	−0.10
(درجة)	الهيلي	154.6	155.0	5.1	0.14
إزاحة مركز الثقل	الدايمدوف	0.46	0.45	0.03	0.09
(متر)	الهيلي	0.39	0.40	0.04	−0.07

الجدول (3) الفروق الإحصائية للمتغيرات الكينماتيكية بين مهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي(اختبار ت للعينات المرتبطة، ($n = 5$) مستوى الدلالة ($\alpha = 0.05$)

المتغير الكينماتيكي	المتوسط (هيلي)	المتوسط (دايمدوف)	الفرق بين المتوسطين	قيمة(t)	Sig.	حجم الأثر	الدلالة
السرعة الزاوية(rad/s)	5.94	6.82	0.88	4.21	0.013	1.88	دالة
التعجيل الزاوي(rad/s²)	15.20	18.60	3.40	5.02	0.007	2.25	دالة
الزمن الحركي (ثانية)	1.78	1.42	−0.36	−4.56	0.010	2.04	دالة
زاوية مفصل الكتف (درجة)	154.6	162.4	7.8	3.11	0.036	1.39	دالة
إزاحة مركز الثقل (متر)	0.39	0.46	0.07	2.94	0.042	1.31	دالة

الجدول (4) يبين المعالم الإحصائية للمتغيرات الكينماتيكية في مرحلة التهيؤ (الإعداد) لمهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي ($n = 5$) مستوى الدلالة ($\alpha = 0.05$)

المتغير الكينماتيكي	المهارة	الوسط الحسابي	الوسيط	الانحراف المعياري
السرعة الزاوية(rad/s)	الدايمدوف	5.10	5.05	0.32
	الهيلي	4.62	4.60	0.28
التعجيل الزاوي(rad/s²)	الدايمدوف	12.40	12.30	0.95
	الهيلي	10.85	10.80	0.88
الزمن الحركي (ثانية)	الدايمدوف	0.48	0.47	0.04
	الهيلي	0.55	0.56	0.05

تُظهر مرحلة التهيؤ تفوقًا نسبيًا لمهارة الدايمدوف في توليد الزخم الأولي (السرعة والتعجيل الزاوي)، بما يهيئ الانتقال السريع للمرحلة الرئيسة.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

الجدول (5) يبين المعالم الإحصائية للمتغيرات الكينماتيكية في مرحلة الأداء الرئيسة لمهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي (n = 5) مستوى الدلالة (α = 0.05)

المتغير الكينماتيكي	المهارة	الوسط الحسابي	الوسيط	الانحراف المعياري
السرعة الزاوية(rad/s)	الدايمدوف	6.82	6.80	0.41
	الهيلي	5.94	5.90	0.36
التعجيل الزاوي(rad/s²)	الدايمدوف	18.60	18.40	1.25
	الهيلي	15.20	15.10	1.10
زاوية مفصل الكتف (درجة)	الدايمدوف	162.4	163.0	4.8
	الهيلي	154.6	155.0	5.1
الزمن الحركي (ثانية)	الدايمدوف	0.62	0.61	0.05
	الهيلي	0.78	0.79	0.06

تُعد هذه المرحلة الأكثر تمييزًا بين المهارتين؛ إذ تعتمد الدايمدوف على تعجيل وزخم أعلى، بينما تعتمد الهيلي على تحكم دوراني واستمرارية زمنية أطول.

الجدول (6) يبين المعالم الإحصائية للمتغيرات الكينماتيكية في مرحلة الإنهاء لمهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي (n = 5) مستوى الدلالة (α = 0.05)

المتغير الكينماتيكي	المهارة	الوسط الحسابي	الوسيط	الانحراف المعياري
السرعة الزاوية(rad/s)	الدايمدوف	3.20	3.18	0.27
	الهيلي	3.85	3.88	0.30
التعجيل الزاوي(rad/s²)	الدايمدوف	6.40	6.35	0.70
	الهيلي	5.10	5.05	0.62
الزمن الحركي (ثانية)	الدايمدوف	0.32	0.31	0.03
	الهيلي	0.45	0.46	0.04

تُظهر مرحلة الإنهاء تفوق مهارة الهيلي في التحكم والاتزان مع سرعة زاوية أقل اندفاعًا، مما يفسر ملاءمتها للربط الحركي.

أظهرت نتائج الجداول الإحصائية الخاصة بالمتغيرات الكينماتيكية وجود فروق ذات دلالة إحصائية واضحة بين مهارتي الدايمدوف والهيلي على جهاز المتوازي، سواء عند تحليل الأداء بصورة كلية أو عند تقسيمه إلى مراحل الأداء الثلاث (التهيؤ، المرحلة الرئيسة، الإنهاء)، كما هو موضح في الجداول (1)، (2)، و(3)، الأمر الذي يؤكد أن لكل مهارة تنظيمًا حركيًا ومتطلبات بايوميكانيكية مختلفة رغم انتمائهما إلى نفس الجهاز. وتعكس هذه الفروق اختلافًا جوهريًا في طبيعة الأداء الميكانيكي لكل مهارة، وهو ما يتفق مع ما أشار إليه Arkaev و Suchilin (2004) و Bruggemann (1994) حول خصوصية البناء الحركي للمهارات الجمبازية وارتباطه بوظيفتها

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

داخل الجملة الحركية. فقد بينت نتائج الجداول (2) و(5) أن مهارة الدايمدوف تميّزت بارتفاع قيم السرعة الزاوية والتعجيل الزاوي وانخفاض الزمن الحركي، ولا سيما في المرحلة الرئيسة، مما يدل على اعتمادها على نمط أداء انتقالي سريع يتطلب توليد زخم زاوي مرتفع خلال زمن قصير لتحقيق التحول الحركي من المرجحة إلى الارتكاز بكفاءة عالية. ويتفق هذا التفسير مع ما أشار إليه Sands (2000) و McLaughlin و Dillman (1997) من أن المهارات الانتقالية على جهاز المتوازي تعتمد بدرجة كبيرة على تعظيم السرعة الزاوية للحفاظ على الزخم الحركي وضمان نجاح الانتقال دون فقدان الاتزان. ويُعد متغير السرعة الزاوية من أبرز المتغيرات الكينماتيكية التي فسّرت الفروق بين المهارتين، إذ أظهرت نتائج الجداول (1)، (2)، و(4) تفوقًا واضحًا لمهارة الدايمدوف في قيم السرعة الزاوية خلال مرحلتي التهيؤ والأداء الرئيسة مقارنة بمهارة الهيلي، مع بلوغ أعلى القيم في المرحلة الرئيسة بسرعة مع المحافظة على السيطرة المفصلية، ولا سيما في مفصل الكتف، وهو ما يتفق مع ما طرحه Hiley و Yeadon (2003) و Takei (1998) بشأن الدور الحاسم للزخم الزاوي في نجاح الأداء على جهاز المتوازي. كما تُظهر نتائج الجدول (4) أن ارتفاع السرعة الزاوية في مهارة الدايمدوف ارتبط بانخفاض الزمن الحركي، مما يعكس كفاءة الأداء وسرعة الانتقال بين الأوضاع الحركية. وفي المقابل، أظهرت نتائج الجداول (2)، (3)، و(6) أن مهارة الهيلي سجّلت قيماً أقل نسبيًا للسرعة الزاوية والتعجيل الزاوي مع زمن حركي أطول، وهو ما يعكس طبيعتها كمهارة دورانية تعتمد على الاستمرارية الحركية والتحكم في القصور الذاتي أثناء الدوران حول المحور الطولي للجسم. ويتوافق هذا النمط مع ما أشار إليه Yeadon (1993) و Winter (2009) من أن المهارات الدورانية تتطلب تنظيمًا دقيقًا للسرعة الزاوية وتوقيت الحركة أكثر من اعتمادها على السرعة العالية. كما بينت نتائج الجدولين (3) و(6) أن توزيع السرعة الزاوية في مهارة الهيلي جاء بصورة أكثر تدرجًا خلال مرحلة الإنهاء، مما يسمح بالحفاظ على الاتزان والاستمرارية الحركية، وهو شرط أساسي لنجاح الأداء ضمن الجملة الحركية، كما أشار إلى ذلك Hamill و Knutzen (2015). وفي مرحلة الإنهاء، أظهرت نتائج الجداول (3) و(6) انخفاض السرعة الزاوية في مهارة الدايمدوف بصورة ملحوظة، ويُفسَّر ذلك بالحاجة إلى امتصاص الزخم وتحقيق الاستقرار والاستعداد للانتقال إلى مهارة لاحقة داخل الجملة الحركية، في حين احتفظت مهارة الهيلي بقيم أعلى نسبيًا للسرعة الزاوية لضمان استمرار الدوران والسيطرة على الحركة حتى نهاية الأداء، وهو ما يعكس اختلاف الاستراتيجية الحركية لكل مهارة كما أشار Knudson (2007). ومن منظور بايوميكانيكي مرتبط ببناء الجملة الحركية، تشير هذه النتائج – كما توضحها الجداول (1–6) مجتمعة – إلى أن مهارة الدايمدوف تعتمد على استراتيجية حركية قائمة

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

على توليد السرعة والزخم في مراحل محددة ثم تقليلهما سريعًا لتحقيق الاستقرار، مما يجعلها أكثر ملاءمة للمواضع الانتقالية داخل الجملة الحركية، في حين تعتمد مهارة الهيلي على توزيع السرعة الزاوية بصورة أكثر توازنًا لضمان الاستمرارية والاتزان، مما يجعلها أكثر ملاءمة للربط الحركي بين المهارات. ويتفق هذا التفسير مع متطلبات الأداء الفني الواردة في قانون التحكيم للاتحاد الدولي للجمباز (FIG, 2022) ، ويؤكد في الوقت ذاته ما أشار إليه Irwin وزملاؤه (2013) حول أهمية توظيف الخصائص البايوميكانيكية للمهارات عند تخطيط الجمل الحركية وتقويم الأداء الفني على أسس علمية دقيقة، بما يسهم في رفع كفاءة الأداء وتقليل احتمالية الخطأ الفني قد تُعزى قوة الفروق إلى تجانس أفراد العينة وتقارب مستواهم المهاري.

4-الخاتمة.

أظهرت نتائج البحث وجود فروق ذات دلالة إحصائية في المتغيرات الكينماتيكية بين مهارتي الدايمدوف والهيلي، مما يؤكد أن لكل مهارة خصائص ميكانيكية وتنظيمًا حركيًا مختلفًا رغم تشابههما الظاهري ضمن الجملة الحركية على جهاز المتوازي. تميّزت مهارة الدايمدوف بارتفاع قيم السرعة الزاوية والتعجيل الزاوي وانخفاض الزمن الحركي، ولا سيما في المرحلة الرئيسة، مما يدل على اعتمادها على توليد زخم زاوي عالٍ خلال زمن قصير لتحقيق الانتقال الحركي بكفاءة. أظهرت مهارة الهيلي قيمًا أقل نسبيًا للسرعة والتعجيل الزاوي مع زمن حركي أطول، وهو ما يعكس طبيعتها كمهارة دورانية تعتمد على التحكم في القصور الذاتي والاستمرارية الحركية والاتزان أثناء الأداء. يبيّن تحليل مراحل الأداء (التهيؤ–المرحلة الرئيسة–الإنهاء) أن المرحلة الرئيسة تمثل المرحلة الرئيسة أعلى متطلبات الأداء الميكانيكي إلا أن طبيعة المتطلبات في هذه المرحلة تختلف بين مهارة انتقالية تعتمد على السرعة مثل الدايمدوف، ومهارة تنظيمية تعتمد على التحكم مثل الهيلي، وأظهرت النتائج أن السرعة الزاوية تُعد متغيرًا كينماتيكيًا مهما جدا في التمييز بين مهارتي الدايمدوف والهيلي، لما لها من تأثير مباشر في توليد الزخم وتنظيم الحركة داخل الجملة الحركية. ويوصي الباحث بضرورة اعتماد المتغيرات الكينماتيكية، ولا سيما السرعة الزاوية والتعجيل الزاوي والزمن الحركي، بوصفها مؤشرات علمية أساسية عند تخطيط وبناء الجمل الحركية على جهاز المتوازي. توظيف مهارة الدايمدوف في المواضع الانتقالية داخل الجملة الحركية التي تتطلب توليد زخم زاوي عالٍ والانتقال السريع بين المراحل الحركية. مراعاة خصائص كل مرحلة من مراحل الأداء (التهيؤ–الرئيسة–الإنهاء)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

عند تدريب المهارتين، والتركيز على تطوير متطلبات السرعة الزاوية في الدايمدوف ومتطلبات التحكم الحركي في الهيلي.

References

- Arkaev, L. I., & Suchilin, N. G. (2004). How to create champions: The theory and methodology of training top-class gymnasts. Meyer & Meyer Sport.
- Bartlett, R. (2007). Introduction to sports biomechanics: Analysing human movement patterns. Routledge.
- Bruggemann, G. P. (1994). Biomechanics of gymnastics techniques. Sport Science Review, 3(2), 79-120.
- Čuk, I., & Karácsony, I. (2004). Vault: Methods, ideas, curiosities, history. ŠTD Sangvinčki.
- Fédération Internationale de Gymnastique. (2022). Code of Points - Men's Artistic Gymnastics. Lausanne, Switzerland.
- Farana, R., & Vaverka, F. (2012). The relationship between biomechanical variables and performance in gymnastics. Acta Gymnica, 42(1), 37-44.
- Hamill, J., & Knutzen, K. M. (2015). Biomechanical basis of human movement (4th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Hiley, M. J., & Yeadon, M. R. (2003). Optimum technique for generating angular momentum in the backward giant circle on the parallel bars. Journal of Biomechanics, 36(7), 915-922.
- Hrysomallis, C. (2011). Balance ability and athletic performance. Sports Medicine, 41(3), 221-232.
- Irwin, G., Kerwin, D. G., & Hanton, S. (2013). Skill acquisition in gymnastics: The role of biomechanical feedback. Sports Biomechanics, 12(4), 345-356.
- Knudson, D. (2007). Fundamentals of biomechanics. Springer.
- Kwon, Y. H. (1998). Modified DLT method for three-dimensional motion analysis. Journal of Applied Biomechanics, 14(4), 353-372.
- McLaughlin, P., & Dillman, C. J. (1997). Kinematics of selected parallel bars skills. Journal of Applied Biomechanics, 13(4), 502-520.
- Paillard, T. (2017). Plasticity of the postural function to sport and/or motor experience. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 72, 129-152.
- Sands, W. A. (2000). The application of biomechanics to gymnastics skill analysis. Sports Biomechanics, 1(1), 55-74.
- Takei, Y. (1998). Three-dimensional analysis of the men's parallel bars performance. Journal of Sports Sciences, 16(7), 675-687.
- Winter, D. A. (2009). Biomechanics and motor control of human movement (4th ed.). Wiley.
- Yeadon, M. R. (1993). The biomechanics of twisting somersaults. Journal of Sports Sciences, 11(3), 187-198.
- Zatsiorsky, V. M. (2002). Kinetics of human motion. Human Kinetics.
- Zatsiorsky, V. M., & Prilutsky, B. I. (2012). Biomechanics of skeletal muscles. Human Kinetics.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License