مجلة الثقافة الرياضية

SPORTS CULTURE JOURNAL

Vol.17, No.1, (2026): 187-205.

كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة - جامعة تكريت

Tikrit University

IRAQI

Iraqi Academic Journals

DOI : https://doi.org/10.25130/sc.2026.17.1.11

ISSN: 2070 – 1234 / E - ISSN: 2616 – 5678

https://jsc.tu.edu.iq/index.php/jsc/index

Kinematic Indicators and Their Relationship with Ball Release Velocity in the Slice Serve Performance in Tennis

*Mustafa waleed Al-Obaidi

College of Physical Education and Sport Sciences, University of Tikrit, Iraq

ARTICLE

Received: 11/ 2 / 2026

Revised: 26/ 3 / 2026

Accepted:29 / 3 / 2026

Available online: 30 /6/ 2026

Keywords

- Slice serve
- kinematic indicators
- tennis.

ABSTRACT

The aim of this study was to examine the relationship between the kinematic indicators of the slice serve in tennis and the ball's launch speed off the racket. Three-dimensional motion capture techniques were used with three GoPro Hero 6 cameras to record the player's movement during the slice serve. The cameras were set at a frequency of 120 frames per second. A total of 18 serve attempts were recorded, and the best six were selected for biomechanical analysis using the SkillSpector 3D analysis software. Data were extracted for key moments during the preparatory, main, and final phases of the slice serve in tennis. The results showed a positive correlation between ball launch speed and the following variables: horizontal displacement of the racket during the three phases (preparatory, main, and final), horizontal displacement of the ball during the same phases, resultant displacement of the ball across all three phases, resultant displacement of the body during the main and final phases, horizontal velocity of the racket during the preparatory phase, horizontal and resultant velocities of the ball during the main and final phases, and the angle of the right shoulder during the preparatory phase. The findings also indicated a negative correlation between ball launch speed and the following variables: right ankle angle during the preparatory phase, vertical displacement of the racket, left shoulder angle during the main phase, and the resultant velocity of the racket during the final phase of the slice serve in tennis.

Corresponding Author; **Mustafa waleed Al-Obaidi**

College of Physical Education and Sport Sciences, University of Tikrit, Iraq

Email: mustafa.waleed@tu.edu.iq

ORCID: 0009-0007-7769-5604

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

المؤشرات الكينماتيكية وعلاقتها بمستوى سرعة خروج الكرة لأداء الإرسال القاطع في التنس الأرضي

مصطفى وليد العبيدي

جامعة تكريت ، كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

تفاصيل المقال

تاريخ الاستلام: 2026 /2/11

النسخة المعدلة : 2026 /3/26

تاريخ القبول : 2026 /3/29

متوفر على الانترنت : 2026/6/30

الكلمات المفتاحية

- الإرسال القاطع
- المؤشرات الكينماتيكية
- التنس الأرضي

الخلاصة

تمثل الهدف من هذه الواسة فى واسة علاقة المؤشوات الكينماتيكية لأداء الإرسال القاطع في التنس الأرضي بمستوى سوعة خروج الكوة من المضوب. تم استخدام تقنيات التصوير الحوكي ثلاثي الأبعاد باستخدام 3 كاموات تصوير طواز GoPro Hero 6 لالتقاط حوكة اللاعب أثناء تنفيذ الإرسال القاطع. تم ضبط الكاموات على تودد 120 إطار/ثانية. تم تحليل 18 محاولة للإرسال واختيار أفضل 6 محاولات لإجواء التحليل البيوميكانيكي باستخدام برنامج التحليل البيوميكانيكى ثلاثي الأبعاد .SkillSpector تم إستخواج النتائج للحظات الخاصة بالمواحل التمهيدية والأساسية والنهائية للإرسال القاطع في التنس الأرضي. أظهوت النتائج أن هناك علاقة طودية لمتغوات الإواحة الأفقية للمضوب خلال الثلاث مواحل التمهيديةوالأساسيةوالنهائيةوالإواحة الأفقية للكوة خلال الثلاثة مواحل التمهيدية والأساسية والنهائية والإواحة المحصلة للكوة خلال الثلاث مواحل التمهيدية والأساسية والنهائية والإواحة المحصلة للجسم خلال الموحلتين الأساسيةوالنهائيةوالسوعة الأفقية للمضوب خلال الموحلة التمهيديةوالسوعة الأفقيةوالسوعة المحصلة للكوة خلال الموحلتين الأساسية والنهائية وزاوية الكتف الأيمن خلال الموحلة التمهيدية مع سوعة خوج الكوة كما تظهو النتائجوجود علاقة لوتباط عكسية مع متغواتزاوية الكاحل الأيمن خلال الموحلة التمهيديةوالإواحة الوأسية للمضوب وزاوية الكتف الأيسو خلال الموحلة الأساسيةوالسوعة المحصلة للمضوب خلا الموحلة النهائية مع مستوى سوعة خوج الكوة في مهوة الإرسال القاطع في التنس الأرضي.

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

1-التعريف بالبحث

1-1 مقدمة البحث وأهميته

تُعد مهارة الإرسال من الركائز الجوهرية في رياضة التنس الأرضي، حيث تمثل نقطة الانطلاق الفعلية للمنافسة، وتشكل أداة استراتيجية حاسمة للتحكم في مجريات اللعب. تكمن أهمية الأرسال في كونه المهارة الوحيدة التي يتم تنفيذها دون تدخل مباشر من الخصم، مما يمنح اللاعب فرصة لتوجيه نسق اللعب بما يتماشى مع خطته التكتيكية (السلوم، 2002؛ الكاظمي، 2000).

ويُعد الإرسال القاطع (Slice Serve) من أبرز أنواع الإرسال التي يُعتمد عليها في المنافسات الحديثة، لما يتمتع به من خصائص فنية فريدة، أبرزها قدرته على توليد زوايا انسيابية وانحرافات جانبية حادة تُصعب مهمة الاستقبال، خاصة عند توجيه الكرة نحو الأطراف الجانبية للملعب. يمثل هذا النوع من الإرسال أداة فعالة في إحداث خلل في تمركز المنافس، سواءً لتحقيق نقاط مباشرة (Aces) أو للتمهيد لهجمات لاحقة(Elliott et al., 2003 Brody et al., 2002)

وفي هذا السياق، تتجلى أهمية التحليل الكينماتيكي كأداة كمية دقيقة لفهم الأداء الحركي وتفكيك مكوناته، من خلال تتبع زوايا المفاصل، والإزاحات، والسرعات. وتُعد هذه المؤشرات جوهرية لتحليل كل مرحلة من مراحل تنفيذ الإرسال، بدءًا من الوضع التحضيري، ثم التراجع (Backswing) ، فمرحلة التسارع(Acceleration) ، وانتهاءً بلحظة الضرب (Impact) ومتابعة الأداء (Follow-through) إذ تُسهم هذه المتغيرات بشكل مباشر في تحديد فعالية الأداء ومخرجاته (Goldman 2015)

لقد أصبح التحليل الكينماتيكي ركيزة أساسية في تطوير الأداء الرياضي المعاصر، لا سيما في الرياضات ذات الطبيعة المهارية الدقيقة كالتنس الأرضي. فهو يمكّن من تصميم برامج تدريبية مبنية على مؤشرات موضوعية تراعي الخصائص الفردية للاعبين، وتسعى لرفع كفاءة الأداء الحركي من خلال تحسين آلية إنتاج القوة وتوجيهها (Knudson, 2006 ؛Hamill & Knutzen, 2006) وتكتسب هذه المقاربة أهمية خاصة في ظل اشتداد المنافسة على الساحة الدولية، حيث يصبح التفوق في الكفاءة الميكانيكية عاملاً حاسمًا في حسم النتائج.

ومن هنا تكمن أهمية البحث فى دراسة العلاقة بين المؤشرات الكينماتيكية لأداء الإرسال القاطع وربطها بمستوى الإنجاز المهاري والفني، مدخلًا علميًا لتطوير الأداء الرياضي في التنس الأرضي.

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

وتزداد أهمية هذا المدخل مع الاعتماد المتزايد على تقنيات التحليل الرقمي والفيديو ثنائي وثلاثي الأبعاد داخل الأوساط التدريبية والبحثية، ما يُعزز الحاجة إلى أبحاث منهجية تربط بين البيانات الحركية وبين نتائج الأداء.

1-2 مشكلة البحث

كخبير في التنس الأرضي ومن خلال متابعتي المستمرة للتطورات الفنية والمهارية في رياضة التنس الأرضي، وتحديدًا في أداء مهارة الإرسال القاطع، لاحظت تفاوتًا واضحًا بين اللاعبين في فعالية تنفيذ هذا النوع من الإرسال، خاصةً من حيث سرعة خروج الكرة من المضرب. هذا التفاوت أثار لدي فرضاً علميًا مهمًا وهو: حتمية وجود علاقة ذات دلالة معنوية بين المؤشرات الكينماتيكية لضربة الإرسال القاطع في التنس الأرضي مع مستوي السرعة المحصلة لخروج الكرة وهل يمكن تفسير هذا الفرض من خلال مؤشرات كينماتيكية قابلة للقياس والتحليل؟

وعلى الرغم من تعدد الدراسات التي تناولت جوانب مختلفة من مهارة الإرسال في التنس، إلا أنني لاحظت محدودية الأبحاث التي قامت بربط الأداء الحركي الكلي – بجميع مراحله من الوضع التمهيدي حتى لحظة الضرب والمتابعة – بمؤشرات كينماتيكية كمية دقيقة، وقياس أثر هذه المتغيرات الكينماتيكية على سرعة الكرة عند مغادرتها للمضرب تحديدًا في الإرسال القاطع. وقد زاد من هذه الملاحظة غياب التحليل الثلاثي الأبعاد لحركة اللاعب أثناء أداء الإرسال في عدد من الدراسات، بالرغم من توفر التقنيات الحديثة التي تتيح هذا النوع من التحليل بشكل دقيق وموضوعي.

وبصفتي باحثًا يسعى لتقديم مساهمة علمية في هذا المجال، رأيت أن هناك فجوة معرفية حقيقية تستحق البحث والدراسة، وهي محاولة تحديد العلاقة بين مؤشرات الأداء الكينماتيكي للاعب أثناء تنفيذ الإرسال القاطع، وبين مستوى سرعة خروج الكرة كمؤشر لفاعلية الأداء .هذا الربط، في اعتقادي، قد يُسهم في وضع أسس موضوعية لتطوير الأداء التدريبي والمهاري في رياضة التنس الأرضي، وبخاصة لدى اللاعبين الذين يسعون لتوظيف الإرسال القاطع كسلاح تكتيكي فعال ضمن خططهم الفنية.

ومن هنا تنبع مشكلة البحث الحالية في الهدف الرئيس التالي:

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

1-3 هدف البحث

- التعرف على علاقة المؤشرات الكينماتيكية للإرسال القاطع في التنس الأرضي بمستوى محصلة سرعة خروج الكرة.

1-4 مجالات البحث

المجال البشري : لاعب منتخب العراق بالتنس الأرضي

المجال المكاني: جامعة بغداد – كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

المجال الزماني: يناير 2024 ولغاية مارس 2025.

2-منهجية البحث وإجراءاته الميدانية

2-1 منهج البحث

تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي بأسلوب الدراسة الميدانية، لملاءمته لطبيعة البحث التي تهدف إلى تحديد المؤشرات الكينماتيكية ودراسة العلاقة بين المؤشرات الكينماتيكية لضربة الإرسال القاطع ومستوى سرعة خروج الكرة لدى لاعبي التنس الأرضي.

2-2 عينة البحث

تم اختيار عينة البحث بطريقة عمدية، وتمثلت بلاعب واحد من ذوي المستوى العالي في رياضة التنس الأرضي جدول (1)، يتمتع بخبرة ومهارة كافية في أداء مهارة الإرسال القاطع. تم تسجيل 18 محاولة، ثم اختيار أفضل 6 محاولات من حيث الدقة لغرض التحليل.

جدول (1) نتائج توصيف العينة

القياسات الأساسية	الطول الكلى (سم)	الوزن (كجم)	العمر التدريبى (سنة)	العمر الزمني (سنة)
وحدة القياس	183	76	10	16

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

2-3 إجراءات البحث الميدانية

2-3-1 الدراسة الاستطلاعية

تم إجراء الدراسة على لاعب تنس أرضي وداخل ملعب قانوني وباستخدام ثلاث كاميرات تصوير عالية السرعة طراز جوبرو هيرو 6، تم أداء الإرسال القاطع لعدد ثلاث مرات تكرار ، تم تحليل الإرسال للتأكد من الحصول على المتغيرات قيد الدراسة بشكل موضوعي. و**الهدف من الدراسة**

- تحديد مجال التصوير وأبعاد لكاميرات.
- تحديد خصائص الكاميرات وعددها.

أهم نتائج الدراسة الاستطلاعية

- ضرورة إستخدام عدد ثلاث كاميرات تصوير لتصوير مهارة الإرسال القاطع بتقنية ثلاثية الأبعاد حيث يتم وضع كاميرتان لتصوير الأداء الخاص باللاعب وعلى ارتفاع 1.10 متر وعلى بعد 5 أمتار من اللاعب. والكاميرا الثالثة توضع بملعب الخصم (0.25 متر ارتفاع) لتصوير الكرة لحظة الارتطام بالأرض.
- ضبط الكاميرات على تردد 120 كادر/ثانية لتصوير الإرسال وارتطام الكرة بالأرض.

2-4 التجربة الرئيسة

أولا : التقاط الحركة Motion Capture

تم إجراء التصوير الحركي ثلاثي الأبعاد باستخدام ثلاث كاميرات من طراز GoPro Hero 6، حيث تم تثبيتهما بزاويتين مختلفتين لتغطية حركة اللاعب أثناء أداء مهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي. تم ضبط الكاميرات على تردد 120 إطار/ثانية، لتسجيل التفاصيل الدقيقة لحركة اللاعب والكرة خلال الإرسال القاطع.

تم توزيع الكاميرات لتغطية جوانب مختلفة من حركة اللاعب. حيث تم تثبيت الكاميرا 1 بزاوية أمامية مائلة تبلغ 45°على الجانب الأيمن للاعب، كاميرا 2 فقد تم تثبيتها بزاوية خلفية مائلة، بنفس الزاوية 45°، على نفس الجانب الأيمن للاعب، جميع الكاميرات تم تثبيتها على ارتفاع 1.10متر، وعلى بعد 5أمتار من نقطة تنفيذ الإرسال، لضمان التقاط صورة شاملة ودقيقة للحركة، تم وضع كاميرا تصوير ثالثة على الأرض بملعب لمنافس من أجل التقاط حركة الكرة لحظة الارتطام بالأرض.

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

تم استخدام مقياس رسم ثلاثي الأبعاد بأبعاد 1 × 1 × 1متر. تم وضع مقياس الرسم في موقع أداء الإرسال القاطع بحيث يتماشى مع حركة اللاعب، مما يساهم في تأكيد دقة التحليل.

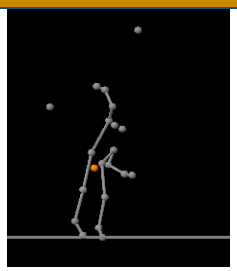
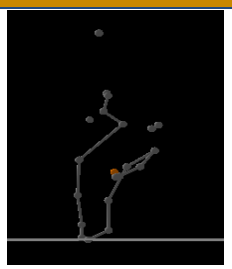
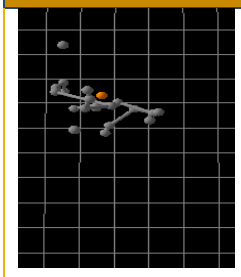
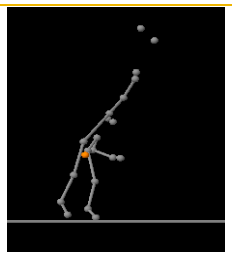
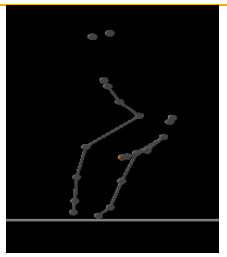
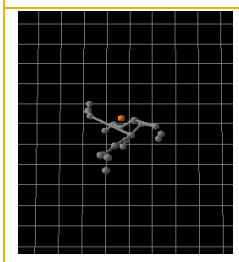
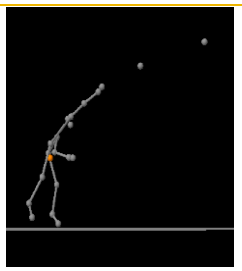
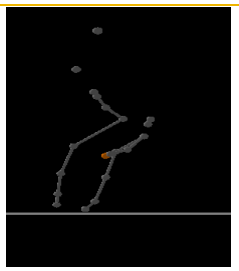
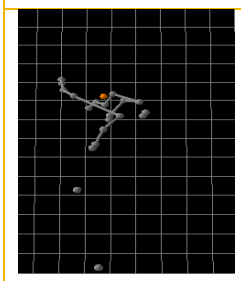
تم التقاط 18 محاولة لأداء مهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي، تم اختيار أفضل 6 محاولات للإرسال وتم تقييمها من قبل الخبرات ووضع درجات معيارية لهم.

ثانيًا : إجراءات التحليل Analysis Procedures

تم إجراء التحليل ثلاثي الأبعاد باستخدام برنامج SkillSpector، حيث تم من خلاله تحليل اللحظات الأساسية لأداء مهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي وذلك للمراحل التمهيدية والأساسية والنهائية التي تحدد دقة وقوة الإرسال، تم استخراج المتغيرات الكينماتيكية الخاصة بالحركة بشكل عام للجسم والمضرب والكرة خلال المراحل التمهيدية والأساسية والنهائية للإرسال القاطع في التنس الأرضي وفيما يلي جدول يوضح لحظات تحليل الأداء لمهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي (الأشكال العصوية – Stick figures)

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

جدول (2) مراحل تحليل مهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي (الأشكال العصوية – Stick figures)

م	إسم المرحلة	الشكل العصوي من التحليل		
		من الجانب الأيمن	من الأمام	من أعلى
1	المرحلة التمهيدية			
2	المرحلة الأساسية			
3	المرحلة النهائية			

5-2 المعالجات الإحصائية

تم استخدام المعالجات الإحصائية بإستخدام برنامج SPSS والتي شملت هذه المعالجات:

1. أقل قيمة
2. أعلى قيمة
3. المتوسط الحسابي
4. الانحراف المعياري
5. معامل الالتواء
6. معامل التفلطح
7. معامل الارتباط "ر"

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

3- عرض ومناقشة النتائج

3-1 عرض النتائج

جدول (3) الدلالات الإحصائية الخاصة بالمتغيرات الكينماتيكية للمرحلة التمهيدية للإرسال القاطع في التنس الأرضي لعينة البحث (ن=6)

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الارتباط
الإزاحة الأفقية للمضرب (متر)	0.320	0.620	0.513	0.126	-0.874	.821*
الإزاحة الرأسية للمضرب (متر)	1.770	2.340	2.092	0.263	-0.514	0.152
الإزاحة العرضية للمضرب (متر)	0.050	0.640	0.338	0.248	0.043	0.026
الإزاحة المحصلة للمضرب (متر)	1.810	2.430	2.195	0.262	-0.585	0.239
الإزاحة الأفقية للكرة (متر)	1.100	1.600	1.423	0.185	-1.208	.839*
الإزاحة الرأسية للكرة (متر)	2.640	2.970	2.877	0.123	-1.899	0.674
الإزاحة العرضية للكرة (متر)	0.060	0.370	0.212	0.156	0.022	-0.015
الإزاحة المحصلة للكرة (متر)	2.860	3.370	3.223	0.183	-2.158	0.769
الإزاحة الأفقية لمركز ثقل الجسم (متر)	0.840	1.060	0.965	0.083	-0.295	0.674
الإزاحة الرأسية لمركز ثقل الجسم (متر)	1.010	1.070	1.042	0.019	-0.347	0.756
الإزاحة العرضية لمركز ثقل الجسم (متر)	0.010	0.460	0.283	0.204	-0.815	0.472
الإزاحة المحصلة لمركز ثقل الجسم (متر)	1.360	1.550	1.460	0.069	-0.378	.920**
المسافة بين القدمين (متر)	0.190	0.350	0.283	0.054	-0.969	-0.463
السرعة الأفقية للمضرب (متر/ث)	0.120	18.790	11.232	7.243	-0.484	.818*
السرعة الرأسية للمضرب (متر/ث)	22.100	52.370	30.238	11.072	2.219	-0.679
السرعة العرضية للمضرب (متر/ث)	0.130	10.820	4.438	3.855	0.957	-0.152
السرعة المحصلة للمضرب (متر/ث)	23.200	52.920	33.670	10.098	1.712	-0.505
السرعة الأفقية للكرة (متر/ث)	0.450	2.760	1.397	0.774	1.051	-0.451
السرعة الرأسية للكرة (متر/ث)	3.220	4.270	3.947	0.382	-1.761	0.759
السرعة العرضية للكرة (متر/ث)	0.010	2.440	1.180	0.906	0.313	-0.283
السرعة المحصلة للكرة (متر/ث)	3.590	5.210	4.465	0.597	-0.184	0.220

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الارتباط
السرعة الأفقية لمركز ثقل الجسم (متر/ث)	0.040	0.350	0.228	0.116	-0.948	-0.142
السرعة الرأسية لمركز ثقل الجسم (متر/ث)	0.440	1.130	0.742	0.253	0.417	-0.343
السرعة العرضية لمركز ثقل الجسم (متر/ث)	0.170	1.170	0.618	0.371	0.214	-0.377
السرعة المحصلة لمركز ثقل الجسم (متر/ث)	0.560	1.630	1.018	0.394	0.330	-0.359
زاوية الكاحل الأيمن (درجة)	127	145	138	7	-0.394	-.925**
زاوية الركبة اليمنى (درجة)	165	171	168	3	-0.221	.974**
زاوية الفخذ الأيمن (درجة)	131	140	137	3	-0.646	0.069
زاوية الكتف الأيمن (درجة)	77	100	86	9	0.859	.833*
زاوية المرفق الأيمن (درجة)	87	145	114	26	0.206	0.607
زاوية رسغ اليد الأيمن (درجة)	117	148	132	11	0.131	0.352
زاوية الكاحل الأيسر (درجة)	101	126	116	9	-0.740	0.263
زاوية الركبة اليسرى (درجة)	151	160	157	3	-1.120	0.016
زاوية الفخذ الأيسر (درجة)	124	145	139	8	-1.492	0.261
زاوية الكتف الأيسر (درجة)	11	22	18	4	-1.389	-0.401
زاوية المرفق الأيسر (درجة)	109	132	122	9	-0.413	-0.210
زاوية رسغ اليد الأيسر (درجة)	127	169	153	15	-1.035	-0.788

*معنوي عند مستوى دلالة 0.05

**معنوي عند مستوى دلالة 0.01

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

جدول (4) الدلالات الإحصائية الخاصة بالمتغيرات البيوميكانيكية للمرحلة الأساسية للإرسال القاطع في التنس الأرضي لعينة البحث (ن=6)

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الإرتباط
الإزاحة الأفقية للمضرب (متر)	1.290	2.320	1.870	0.438	-0.366	.846*
الإزاحة الرأسية للمضرب (متر)	2.740	3.120	2.938	0.138	-0.326	-.840*
الإزاحة العرضية للمضرب (متر)	0.080	0.640	0.327	0.214	0.622	-0.142
الإزاحة المحصلة للمضرب (متر)	3.320	3.680	3.528	0.144	-0.638	0.650
الإزاحة الأفقية للكرة (متر)	1.460	2.830	2.153	0.581	0.055	.927**
الإزاحة الرأسية للكرة (متر)	2.520	2.890	2.737	0.123	-1.052	0.612
الإزاحة العرضية للكرة (متر)	0.100	0.530	0.290	0.143	0.691	0.025
الإزاحة المحصلة للكرة (متر)	2.920	3.960	3.518	0.401	-0.468	.983**
الإزاحة الأفقية لمركز ثقل الجسم (متر)	0.820	1.080	0.970	0.097	-0.474	0.739
الإزاحة الرأسية لمركز ثقل الجسم (متر)	1.030	1.080	1.060	0.019	-0.527	0.702
الإزاحة العرضية لمركز ثقل الجسم (متر)	0.030	0.490	0.287	0.206	-0.700	0.532
الإزاحة المحصلة لمركز ثقل الجسم (متر)	1.360	1.580	1.478	0.080	-0.448	.930**
المسافة بين القدمين (متر)	0.320	0.440	0.382	0.050	-0.149	0.002
السرعة الأفقية للمضرب (متر/ث)	19.710	37.320	28.777	6.890	0.199	0.058
السرعة الرأسية للمضرب (متر/ث)	1.810	18.910	12.410	7.717	-0.770	0.030
السرعة العرضية للمضرب (متر/ث)	6.110	24.280	14.617	7.250	0.131	-0.572
السرعة المحصلة للمضرب (متر/ث)	33.500	40.930	36.307	3.566	0.939	-0.393
السرعة الأفقية للكرة (متر/ث)	23.870	59.530	42.122	15.281	0.074	.911*
السرعة الرأسية للكرة (متر/ث)	0.500	4.300	2.357	1.522	-0.009	-0.131
السرعة العرضية للكرة (متر/ث)	0.610	13.790	6.055	4.886	0.535	-0.279
السرعة المحصلة للكرة (متر/ث)	24.850	59.700	42.972	14.950	-0.022	.919**
السرعة الأفقية لمركز ثقل الجسم (متر/ث)	0.030	0.580	0.285	0.209	0.233	0.611
السرعة الرأسية لمركز ثقل الجسم (متر/ث)	0.000	0.250	0.097	0.105	0.626	0.430

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الإرتباط
السرعة العرضية لمركز ثقل الجسم (متر/ث)	0.160	0.610	0.358	0.177	0.285	0.176
السرعة المحصلة لمركز ثقل الجسم (متر/ث)	0.250	0.710	0.515	0.170	-0.732	0.707
زاوية الكاحل الأيمن (درجة)	125	142	135	6	-0.529	-0.535
زاوية الركبة اليمنى (درجة)	161	169	165	3	0.043	-0.593
زاوية الفخذ الأيمن (درجة)	132	148	143	6	-1.468	0.007
زاوية الكتف الأيمن (درجة)	83	102	90	7	0.610	0.741
زاوية المرفق الأيمن (درجة)	154	165	159	4	0.440	0.746
زاوية رسغ اليد الأيمن (درجة)	162	178	168	6	1.109	-0.394
زاوية الكاحل الأيسر (درجة)	126	140	131	6	0.955	0.105
زاوية الركبة اليسرى (درجة)	155	174	160	7	1.968	-0.671
زاوية الفخذ الأيسر (درجة)	123	146	134	9	0.196	0.608
زاوية الكتف الأيسر (درجة)	7	27	16	7	0.780	-.900*
زاوية المرفق الأيسر (درجة)	112	132	122	8	-0.002	0.075
زاوية رسغ اليد الأيسر (درجة)	138	170	157	13	-0.710	0.315

*معنوي عند مستوى دلالة 0.05

**معنوي عند مستوى دلالة 0.01

جدول (5) الدلالات الإحصائية الخاصة بالمتغيرات البيوميكانيكية للمرحلة النهائية للإرسال القاطع في التنس الأرضي لعينة البحث (ن=6)

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الإرتباط
الإزاحة الأفقية للمضرب (متر)	1.580	2.690	2.287	0.445	-0.786	.823*
الإزاحة الرأسية للمضرب (متر)	2.290	2.840	2.583	0.221	-0.036	-0.459
الإزاحة العرضية للمضرب (متر)	0.090	0.690	0.315	0.277	0.839	-0.317
الإزاحة المحصلة للمضرب (متر)	3.060	3.730	3.497	0.231	-1.659	0.639
الإزاحة الأفقية للكرة (متر)	2.010	3.920	2.977	0.820	0.011	.935**
الإزاحة الرأسية للكرة (متر)	2.440	2.850	2.693	0.138	-1.388	0.610

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الإرتباط
الإزاحة العرضية للكرة (متر)	0.050	0.700	0.283	0.230	1.352	0.118
الإزاحة المحصلة للكرة (متر)	3.180	4.760	4.058	0.643	-0.274	.971**
الإزاحة الأفقية لمركز ثقل الجسم (متر)	0.820	1.090	0.973	0.103	-0.373	0.740
الإزاحة الرأسية لمركز ثقل الجسم (متر)	1.030	1.080	1.060	0.019	-0.527	0.702
الإزاحة العرضية لمركز ثقل الجسم (متر)	0.020	0.510	0.292	0.214	-0.679	0.524
الإزاحة المحصلة لمركز ثقل الجسم (متر)	1.360	1.580	1.480	0.084	-0.512	.939**
المسافة بين القدمين (متر)	0.350	0.500	0.427	0.054	-0.020	0.260
السرعة الأفقية للمضرب (متر/ث)	12.550	30.060	19.460	6.402	0.832	-0.108
السرعة الرأسية للمضرب (متر/ث)	17.760	42.410	27.442	9.029	0.720	-0.508
السرعة العرضية للمضرب (متر/ث)	0.420	18.220	8.757	7.484	0.151	-0.535
السرعة المحصلة للمضرب (متر/ث)	31.610	46.740	36.472`	5.706	1.371	-.969**
السرعة الأفقية للكرة (متر/ث)	31.550	64.610	51.443	13.131	-0.511	1.000**
السرعة الرأسية للكرة (متر/ث)	0.180	6.080	3.433	2.145	-0.481	-0.239
السرعة العرضية للكرة (متر/ث)	0.640	10.900	5.467	4.379	0.461	-0.622
السرعة المحصلة للكرة (متر/ث)	32.560	64.810	52.142	12.645	-0.583	1.000**
السرعة الأفقية لمركز ثقل الجسم (متر/ث)	0.110	0.410	0.297	0.137	-0.775	0.409
السرعة الرأسية لمركز ثقل الجسم (متر/ث)	0.040	0.340	0.143	0.103	1.709	-0.301
السرعة العرضية لمركز ثقل الجسم (متر/ث)	0.020	0.700	0.358	0.240	-0.011	0.243
السرعة المحصلة لمركز ثقل الجسم (متر/ث)	0.270	0.820	0.530	0.197	0.361	0.500
زاوية الكاحل الأيمن (درجة)	124	143	134	6	-0.308	-0.354
زاوية الركبة اليمنى (درجة)	159	167	163	4	0.625	-0.796
زاوية الفخذ الأيمن (درجة)	135	152	145	6	-0.824	0.062
زاوية الكتف الأيمن (درجة)	82	98	90	7	-0.562	0.798
زاوية المرفق الأيمن (درجة)	149	166	158	6	-0.166	0.649
زاوية رسغ اليد الأيمن (درجة)	156	174	165	8	0.069	0.159
زاوية الكاحل الأيسر (درجة)	129	137	132	3	0.997	0.716

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الإرتباط
زاوية الركبة اليسرى (درجة)	152	173	159	8	1.483	-0.685
زاوية الفخذ الأيسر (درجة)	122	140	130	6	0.586	0.393
زاوية الكتف الأيسر (درجة)	7	23	15	7	0.248	-0.797
زاوية المرفق الأيسر (درجة)	112	134	122	9	0.487	-0.241
زاوية رسغ اليد الأيسر (درجة)	147	171	158	10	0.058	-0.043

*معنوي عند مستوى دلالة 0.05

**معنوي عند مستوى دلالة 0.01

3-3 مناقشة النتائج

أظهرت نتائج المرحلة التمهيدية للإرسال أن الإزاحات الأفقية والرأسية والعرضية للمضرب جاءت ضمن النطاق الطبيعي الذي يعكس انتظام الأداء الحركي حيث تظهر أهمية التوازن في أبعاد الإزاحة كمؤشر على سلامة المسار الحركي للمضرب، كما أظهرت إزاحة الكرة قيمًا معتدلة تعكس انتقالها المنظم في جميع الاتجاهات أثناء الإرسال، وهو ما يدعم نتائج الكاظمي (2000) الذي بيّن أهمية تتبع حركة الكرة ضمن مراحل الأداء للوصول إلى دقة أعلى وتحكم أفضل في المسار.

بالنسبة لإزاحة مركز الثقل، فقد جاءت المؤشرات في معدلات متزنة تعكس الاستخدام الفعّال لنقل الكتلة الجسمانية قبل وأثناء تنفيذ الإرسال. وقد أشار عبد البصير (1998) إلى أن الاتزان في حركة مركز الثقل يعد من العوامل الجوهرية في دعم سلاسة الحركة وكفاءتها في المهارات الرياضية المختلفة، ومنها الإرسال في التنس.

أما السرعات الخاصة بحركة المضرب، فقد أظهرت تفاوتًا واضحًا بين الاتجاهات، مع بروز السرعة الرأسية بشكل أكبر، مما يشير إلى فعالية الدفع العمودي في تعزيز أداء الإرسال، فيتضح دور السرعة الرأسية للمضرب في توليد الطاقة الحركية الكافية لتحقيق إرسال قوي، خصوصًا في الرياضات التي تعتمد على الضرب مثل التنس والذي يتفق مع (Brody واخرون 2002)

عند تحليل الزوايا المفصلية للأطراف السفلية، كانت القيم في النطاق الذي يدعم الدفع الأرضي ويعزز الاتزان الحركي، لا سيما في مفصل الركبة والفخذ والكاحل. وهو ما يتماشى مع ما ذكره (Goldman

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

وأخرون 2015) الذين أشاروا إلى أهمية الانحناءات الزاوية في الأطراف السفلية لتوليد الدفع العمودي وتحقيق تسارع مضاعف في المرحلة الأخيرة من الإرسال.

عند استعراض الارتباطات بين المتغيرات البيوميكانيكية وسرعة الكرة، تبين وجود ارتباطات واضحة تدل على العلاقة بين ديناميكية حركة الجسم وسرعة الكرة عند خروجها. وهذا يتوافق مع Elliott et al. (2003)، الذين أكدوا على أن اتساق حركة مركز الثقل وتحول الطاقة من الجذع إلى الذراع يمثلان حجر الزاوية في جودة الإرسال.

وقد أظهرت البيانات المتعلقة بالزوايا المفصلية في الطرف السفلي دعمًا واضحًا للفرضية القائلة بأن الزوايا المناسبة في مفصلي الركبة والكاحل تساهم في توليد دفع أرضي يدعم السرعة النهائية للمضرب، بما يتماشى مع ما أشار إليه (عادل عبد البصير 1998، Eliott 2006) الذين أوضحوا أن الزوايا المثالية تسهم في تعظيم رد الفعل الأرضي وتحسين نقل العزم.

من ناحية أخرى، فإن مؤشرات الإزاحة لمركز الثقل جاءت متناسقة، مما يعكس فعالية التوازن الديناميكي أثناء الأداء، وهو ما يتفق مع Elliott et al. (2003) الذين شددوا على أهمية ثبات مركز الثقل في تعزيز الأداء الحركي.

أظهرت السرعة الرأسية للكرة مؤشرًا مرتفعًا يشير إلى قوة الدفع العمودي، وهو أحد الخصائص الرئيسة للإرسال القاطع. ويتفق هذا مع ما طرحه Martin & Elliott (1990) من أن سرعة الكرة تعتمد بدرجة كبيرة على التسارع النهائي لرأس المضرب، والذي يتولد من التفاعل الحركي المتسلسل لأجزاء الجسم.

أخيرًا، تشير الارتباطات الإحصائية بين الزوايا المفصلية وسرعة الكرة إلى أن الطرف السفلي يؤدي دورًا غير مباشر لكن فعّالًا في دعم التسارع النهائي، وهو ما يتماشى مع ما ورد في دراسة Knudson 2006 أن السرعة الأفقية والجانبية لمركز الثقل تعكس ارتباطًا متوسطًا بأداء الإرسال، وهو ما أشار إليه Kibler et ضمن أهمية تسلسل الحركة الجسمانية في دعم الكفاءة الحركية.

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

1. أظهرت نتائج التحليل أن الإزاحة الرأسية للمضرب كانت الأكثر بروزًا مقارنة بالإزاحات الأفقية والعرضية، مما يعكس اعتماد الأداء الحركي على الدفع العمودي بشكل رئيس في تنفيذ الإرسال القاطع.
2. اتسمت حركة الكرة بعد الضرب بزاوية إرسال مرتفعة نسبيًا، وهو ما يشير إلى اعتماد اللاعب على نمط إرسال يحقق ارتفاعًا كافيًا لتجاوز الشبكة مع الحفاظ على دقة التوجيه.
3. أظهر مركز ثقل الجسم انتقالًا فعالًا في الاتجاهين الرأسي والأفقي، مما يدل على وجود تناغم حركي متزن يساهم في استقرار الأداء أثناء تنفيذ المهارة.
4. سجلت سرعة المضرب الرأسية أعلى المؤشرات مقارنة ببقية الاتجاهات، وهو ما يدعم قدرة اللاعب على توليد قوة عمودية مؤثرة تساهم في تعزيز سرعة الكرة وتحقيق إرسال قاطع فعّال.
5. تعكس المؤشرات الحركية للمضرب والكرة تميز اللاعب في استثمار المرحلة النهائية من الإرسال (مرحلة التلامس) لتحقيق تسارع خطي موجه بدقة، بما يخدم الجانب الفني للمهارة ويعزز من كفاءتها التنافسية.
6. جاءت الزوايا المفصلية للطرف السفلي، لا سيما زاوية الركبة، ضمن النطاق الذي يعزز الدفع الأرضي، ما يدل على استخدام ميكانيكي فعّال للجسم خلال الأداء.
7. تشير زاويتا الكاحل والفخذ إلى وجود امتداد مناسب يحقق توازنًا بين الثبات الحركي وتوجيه القوة، مما يسهم في انتقال الطاقة بشكل متسلسل من الأطراف السفلية نحو الجزء العلوي من الجسم.
8. كشفت النتائج عن وجود علاقات ارتباطية دالة بين عدد من المتغيرات البيوميكانيكية وسرعة الكرة عند الإرسال، مما يؤكد الدور الحاسم لكل من سرعة حركة المضرب، إزاحة مركز الثقل، وزاوية الركبة في التأثير على فعالية الإرسال القاطع.

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

التوصيات

1. ضرورة اعتماد التحليل البيوميكانيكي ثلاثي الأبعاد كأداة أساسية لتشخيص الأداء الحركي في مهارة الإرسال القاطع برياضة التنس، لما يوفره من معلومات دقيقة حول النقاط الحرجة المؤثرة في جودة الأداء الفني.
2. توجيه تصميم البرامج التدريبية نحو تطوير مؤشرات السرعة الرأسية والأفقية لحركة المضرب، مع التركيز على تعزيز القدرة على الدفع الأرضي وتحقيق انتقال طاقي فعّال من الأطراف السفلية إلى الطرف العلوي أثناء الإرسال.
3. إدراج تقييم الزوايا المفصلية للطرف السفلي (الكاحل، الركبة، الفخذ) ضمن أدوات التقويم الفني الدوري للاعبين، بالنظر إلى تأثيرها المباشر وغير المباشر في تحقيق السرعة النهائية للكرة ودقة الإرسال.
4. إنشاء قواعد بيانات مرجعية بيوميكانيكية لأداء اللاعبين المتقدمين، بما يتيح بناء نماذج معيارية يمكن استخدامها للمقارنة والتحليل، وتوجيه تدريب اللاعبين الناشئين وفق خصائص الأداء المثالي.
5. الاستفادة من النماذج الحركية الرقمية المعتمدة على مؤشرات الإزاحة والسرعة والزوايا في تطوير البرامج التدريبية، وصياغة الخطط الفنية المتعلقة بتقنيات الإرسال المختلفة.
6. التوسع في إجراء بحوث ميدانية مقارنة تستهدف تحليل أنماط متعددة من الإرسال (مثل الإرسال القاطع، المسطح، والدوراني)، بهدف تحديد الفروق البيوميكانيكية وتحديد الأنماط الأكثر فعالية من حيث الإنتاج الحركي.
7. تعزيز التكامل بين التحليل البيوميكانيكي والتحليل الفني والخططي ضمن برامج إعداد اللاعبين، وربط مراحل الأداء المختلفة بعلاقات سببية تساعد في تحسين جودة التوجيه الفني.
8. توظيف نتائج القياسات البيوميكانيكية وربطها بالأداء الفعلي في المسابقات والبطولات، للتحقق من قدرة المؤشرات العلمية المستخدمة على التنبؤ بمستوى الإنجاز الفني في سياقات تنافسية.

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

9. تنظيم ورش تدريبية للمدربين في الأندية ومراكز التدريب حول مفاهيم التحليل البيوميكانيكي وتطبيقاته العملية في رياضات المضرب، بما يساهم في رفع كفاءة التدريب المبني على أسس علمية دقيقة.

References

1. Radwan, Adel Abd Al-Basir. (1998). *Biomechanics and the Integration of Theory and Practice in the Field of Sports.* Cairo: Markaz Al-Kitab Publishing.
2. Al-Salloum, Ali Jawad. (2002). *Ball and Racket Games: Lawn Tennis.* Ministry of Higher Education and Scientific Research, University of Al-Qadisiyah.
3. Al-Kadhimi, Dhafer Hashim. (2000). *Technical and Tactical Preparation for Tennis* (2nd ed.). National House for Printing, Publishing, and Translation.
4. Jawadi, Talha Hossam Al-Din, et al. (1998). *Applied Kinesiology.* Cairo: Markaz Al-Kitab Publishing.
5. Thomason, Louis. (2005). *Introduction to Theories of Tennis Training* (Translated by the Regional Development Center). Cairo.
6. Brody, H., Cross, R., & Lindsey, C. (2002). *The physics and technology of tennis*. Racquet Tech Publishing.
7. Elliott, B. (2006). *Biomechanics and tennis*. British Journal of Sports Medicine, 40, 392–396.
8. Elliott, B., Reid, M., & Crespo, M. (2003). *Biomechanics of advanced tennis*. International Tennis Federation.
9. Elliott, B. C., Marshall, R. N., & Noffal, G. J. (1995). *Contributions of upper limb segment rotations during the power serve in tennis*. Journal of Applied Biomechanics, 11(4), 433–442.

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

10. Frossard, L. (2012). *Performance of elite seated discus throwers in F30*. ISBS Conference Proceedings Archive.
11. Goldmann, J.-P., Braunstein, B., Heinrich, K., Sanno, M., Stäudle, B., Ritzdorf, W., ... & Albracht, K. (2015). *Joint work of the take-off leg during elite high jump*. ISBS-Conference Proceedings Archive.
12. Hamill, J., & Knutzen, K. M. (2006). *Biomechanical basis of human movement*. Lippincott Williams & Wilkins.
13. Hubbard, M., & Cheng, K. B. (2007). *Optimal discus trajectories*. Journal of Biomechanics, 40(16), 3650–3659.
14. Knudson, D. (2006). *Biomechanical principles of tennis technique: Using science to improve your strokes*.

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0