تاريخ استلام البحث : 3 شباط 2026

"Kinetic Transfer of Force During the Performance of the Forehand Stroke in Ground Tennis (Case Study)"

Abstract:

The aim of this study was to analyze and investigate the kinetic chain and force transmission during the forehand stroke in tennis, through a case study of six attempts focusing on quantifying the force generated by various body segments during the sequential transfer of energy from the lower limbs through the trunk to the upper limbs across the stroke phases. Three-dimensional cameras were used to record 18 forehand stroke attempts, from which the best six were selected and analyzed using the MaxTRAQ software. A 3D scale reference was captured during filming, and the cameras were set to a frequency of 120 frames per second. The results of the study revealed a clear distinction between the preparatory and main phases of the forehand stroke, as the ball's horizontal velocity increased from 14.59 m/s to 47.63 m/s, reflecting the effective transmission of force from the lower limbs through the trunk to the upper limbs. The force exerted by the right palm showed a perfect correlation with the resultant velocity (1.000), while certain angles, such as the right shoulder angle, had a minimal effect. Overall, the findings highlight the importance of coordination between angles, forces, and biomechanical accelerations to achieve effective technical performance. This suggests the need for specialized training to enhance this interaction and improve the efficiency of the forehand stroke in tennis.

Keywords: Kinetic chain, forehand stroke, tennis.

رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439

تحليل النقل الحركي للقوة خلال أداء مهارة الضربة الأمامية في التنس الأرضي

م.د مصطفى وليد العبيدي

mustafa.waleed@tu.edu.iq

جامعة تكريت – كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

الملخص: تمثل الهدف من الدراسة فى تحليل ودراسة النقل الحركي للقوة خلال أداء مهارة الضربة الأمامية في التنس الأرضي، وذلك من خلال دراسة حالة (6 محاولات) تهتم بتحديد مقدار القوة المنتجة لمختلف أجزاء الجسم خلال تسلسل نقل القوة من الأطراف السفلية مرورًا بالجذع وصولًا إلى الأطراف العليا خلال المراحل الخاصة بالأداء. تم استخدام ثلاث كاميرات تصوير ثلاثية الأبعاد لتسجيل 18 أداء الضربة الأمامية ورصد نقطة هبوط الكرة بملعب المنافس، وتم تحليل أفضل 6 محاولات باستخدام برنامج MaxTRAQ، تم التقاط مقياس رسم ثلاثي الأبعاد أثناء التصوير وضبط الكاميرات على تردد 120 كادر/ث. أظهرت نتائج الدراسة وجود تباين واضح بين المرحلة التمهيدية والمرحلة الأساسية في الضربة الأمامية بالتنس الأرضي، حيث ارتفعت السرعة الأفقية للكرة من 14.59 م/ث إلى 47.63 م/ث، مما يعكس فاعلية نقل القوة من الأطراف السفلية مرورًا بالجذع إلى الأطراف العليا. كما أظهرت قوة كف اليد اليمنى ارتباطًا تامًا بالسرعة المحصلة (1.000)، في حين كانت بعض الزوايا مثل زاوية الكتف الأيمن ذات تأثير ضعيف. عموماً تشير النتائج إلى أهمية التنسيق بين الزوايا والقوى والعجلات البيوميكانيكية لتحقيق أداء فني فعّال، مما يستلزم تدريبًا خاصاً يعزز هذا التفاعل لتحسين كفاءة الضربة الأمامية في التنس.

الكلمات المفتاحية: النقل الحركي للقوة، الضربة الأمامية، التنس الأرضي

1-المقدمة وأهمية البحث

1-1 المقدمة

تُعد الضربة الأمامية في التنس الأرضي من أكثر المهارات استخدامًا وتأثيرًا داخل المباراة، حيث تمثل الوسيلة الأساسية التي يعتمد عليها اللاعبون للسيطرة على مجريات اللعب سواء من الخط الخلفي أو أثناء التقدم نحو الشبكة. وتُعتبر هذه المهارة من أهم المهارات التي يجب أن يتقنها لاعب التنس نظرًا لدورها الحاسم في تغيير إيقاع اللعب والتحكم في النتيجة (الكاظمي، 2000). كما أنها تُشكل أساس البناء الفني للاعب المحترف، إذ يعتمد تطوره في مراحل عمرية مختلفة على إتقان هذه الضربة.

يتطلب فهم وتحسين أداء الضربة الأمامية معرفة دقيقة للمراحل الحركية المتكاملة للمهارة والتي تبدأ بوضع الاستعداد، وفيها يُوزع اللاعب وزنه بالتساوي بين القدمين مع اعتماد الرؤية البصرية لتحديد مسار الكرة والاستعداد لاستقبالها. يلي ذلك مرحلة المرجحة الخلفية التي تهدف إلى تحضير الجسم لنقل القوة من الأرض إلى الجزء العلوي، وهو ما يوضحه السلوم (2002) من خلال أهمية التفاعل المتسلسل للجسم لنقل القوة، وبعد ذلك تأتي المرجحة الأمامية، حيث تتسارع حركة المضرب باتجاه الكرة، وتتطلب هذه المرحلة توازنًا دقيقًا لضمان نجاح التنفيذ، تليها الحركة النهائية المكملة التي تضمن الثبات والاستمرارية بعد الضربة.

ولا يعتمد الأداء الفعّال للضربة الأمامية على حركة الذراع فقط، بل هو نتيجة تفاعل ديناميكي معقد بين مفاصل وعضلات تبدأ من الأطراف السفلية، مرورًا بالجذع، وانتهاءً بالطرف العلوي. ويُعرف هذا التفاعل في علم الميكانيكا الحيوية بمفهوم "سلسلة النقل الحركي للقوة (Kinetic Chain Transfer) "، وهو ما أكده عادل عبد البصير (1998) بأنه يمثل الانتقال المتسلسل للطاقة من الجزء الأرضي إلى الجزء النهائي المنفذ للحركة لتحقيق السرعة والدقة والفعالية.

تُظهر الدراسات أن الأطراف السفلية تُعد القاعدة الأساسية التي توفر الدفع والثبات، ثم تليها عضلات الجذع التي تسهم في التدوير وتوليد الزخم، ومن ثم تنتقل القوة إلى الذراع والمضرب لتوجيهها نحو الكرة. وكلما تحقق التنسيق الكامل في هذه السلسلة الحركية، زادت كفاءة الأداء وقلت فرص التعرض للإصابات الناتجة عن الاستخدام غير السليم للقوة (مارفي، 1990). ويؤكد طلحة حسام الدين وآخرون (1998) أن

رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439

أي خلل في هذا التسلسل ينعكس مباشرة على جودة الأداء الفني ويزيد من احتمالية الأخطاء أو الإصابات.

لقد أصبح تحليل الأداء الحركي في رياضة التنس محورًا رئيسًا في البحوث التطبيقية، نظرًا لما تتطلبه من تكامل بين العناصر البدنية والفنية والبيوميكانيكية. وتؤكد الأساليب الحديثة في تدريب وتحليل الأداء أن دراسة المهارات الحركية من منظور بيوميكانيكي تُعد ضرورة لفهم آليات تطوير الأداء وتحسينه، خصوصًا ما يرتبط بإنتاج القوة ونقلها عبر أجزاء الجسم المختلفة (عادل عبد البصير، 1998؛ Elliott, 2006)

فالضربة الأمامية ليست مجرد حركة بسيطة للذراع، بل تعتمد على تسلسل ميكانيكي دقيق يبدأ بالدفع من الأرض، ومرورًا بتدوير الجذع، وصولًا إلى الضرب النهائي بالمضرب. هذا التسلسل إذا ما تم تنفيذه بانسجام، فإنه يُحقق الكفاءة القصوى في الأداء .(Bahamonde, 2005) لذلك، فإن دراسة سلسلة النقل الحركي للقوة في هذه المهارة تُعد أمرًا بالغ الأهمية لفهم ميكانيكية الأداء الرياضي الشامل (Elliott, Reid, & Crespo, 2003).

إن وجود ضعف أو خلل في أي جزء من السلسلة الحركية يؤثر سلبًا على كفاءة الأداء النهائي، وهو ما يتطلب تدخلًا تدريبيًا قائمًا على تحليل علمي دقيق لتصحيح الخلل وتطوير الأداء، ومن هذا المنطلق، تبرز أهمية هذه الدراسة التي تهدف إلى تحليل آلية نقل القوة خلال تنفيذ الضربة الأمامية، وذلك من خلال قياس مدى مساهمة كل من الطرف السفلي، والجذع، والطرف العلوي في إنتاج القوة، وتأثير هذا النقل على سرعة الكرة ودقتها. ويُسهم هذا النوع من التحليل في توفير بيانات كمية دقيقة تساعد المدربين على تصحيح الأخطاء وتصميم البرامج التدريبية الفعالة.(Akutagawa & Kojima, 2005)

ومن المهم الإشارة إلى أن معظم الدراسات السابقة ركزت على الناتج النهائي للأداء، مثل سرعة الكرة أو اتجاهها، دون التعمق في تحليل المكونات الداخلية التي تساهم في إنتاج القوة. وهذا ما يجعل من الضروري إجراء دراسات تعتمد على القياس الكمي لتحليل مساهمة كل جزء من أجزاء الجسم بشكل علمي دقيق.(Brody, Cross, & Lindsey, 2002)

رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439

بناءً على ما سبق، تتحدد مشكلة البحث في الحاجة إلى تحليل كمية القوة التي ينتجها كل جزء من الجسم خلال تنفيذ الضربة الأمامية في التنس، وتحديد مواطن القوة والضعف في هذا التسلسل الحركي، وذلك بهدف تحسين الكفاءة الميكانيكية وتطوير الأداء الفني للاعبين.

تنبع أهمية هذا البحث من تسليطه الضوء على أحد الجوانب البيوميكانيكية الدقيقة والمؤثرة في تحسين الأداء المهاري في لعبة التنس الأرضي، وهو "النقل الحركي للقوة" خلال تنفيذ مهارة الضربة الأمامية. إذ يُعتبر هذا النقل أساسياً لتحقيق الانسيابية في الحركة، وزيادة السرعة والدقة في توجيه الكرة، مما ينعكس بشكل مباشر على مستوى الإنجاز الفني للاعب.

كما تكمن أهمية البحث في اعتماده على التحليل ثلاثي الأبعاد، الذي يتيح فهماً أعمق لتسلسل انتقال القوة من الأطراف السفلية إلى الجذع ثم إلى الأطراف العليا، وهو ما يُعد من المتطلبات الأساسية في الأداء المتقدم لمهارة الضربة الأمامية. ويمكن الاستفادة من نتائج هذه الدراسة في تطوير برامج التدريب الفني والبدني، ووضع أسس علمية لتصحيح الأخطاء الشائعة وتحسين التنسيق الحركي بين مفاصل وأجزاء الجسم المختلفة، بما يسهم في رفع كفاءة اللاعبين وتطوير مستوياتهم بشكل ملموس.

1-2 مشكلة البحث

لا يتوقف الأداء في الضربة الأمامية في التنس الأرضي عند حركة الذراع أو المضرب فحسب، بل ينبني على سلسلة معقدة من النقل الحركي للقوة تبدأ من الأطراف السفلية، مرورًا بالجذع، ثم إلى الأطراف العليا، فيما يُعرف علميًا بـ "سلسلة النقل الحركي للقوة.(Kinetic Chain Transfer) "، ورغم وضوح هذه الحقيقة في الأدبيات العلمية، إلا أن الملاحظة الميدانية وبعض نتائج المنافسات تشير إلى وجود ضعف أو خلل في آلية انتقال القوة لدى عدد من اللاعبين، مما ينعكس على انخفاض كفاءة الضربة، سواء من حيث سرعة الكرة أو دقتها أو توازن الجسم أثناء الأداء. وتُعزى هذه المشكلات غالبًا إلى غياب التحليل الكمي الدقيق لمساهمة كل جزء من أجزاء الجسم في إنتاج القوة ونقلها بشكل متسلسل.

تتحدد مشكلة البحث من هذا المنطلق في غياب تحليل بيوميكانيكي علمي دقيق ومتكامل للنقل الحركي للقوة خلال تنفيذ مهارة الضربة الأمامية في التنس الأرضي، مع الحاجة إلى تحديد علاقة كل من الأطراف

رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439

السفلية، والجذع، والأطراف العليا في توليد هذه القوة، ومعرفة مدى تأثيرها على كفاءة الأداء الفني، وذلك باستخدام تقنيات القياس والتحليل البيوميكانيكية ثلاثي الأبعاد.

1-3 أهداف البحث

1. تحديد مقدار القوة المبذولة من الطرف السفلي.
2. تحديد مقدار القوة الناتجة عن الجذع.
3. تحديد مقدار القوة الناتجة عن الطرف العلوي والكرة.

1-4 مجالات البحث:

- المجال البشري : لاعب منتخب العراق بالتنس الأرضي
- المجال المكاني: جامعة بغداد – كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
- المجال الزماني: تشرين الاول 2024 ولغاية أيلول 2025

2- منهجية البحث وإجراءاته الميدانية:

2-1 منهج البحث :

استخدم الباحث المنهج الوصفي.

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 الضربة الأمامية. 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

2-3 متغيرات الدراسة

اعتمدت الدراسة على مجموعة من المتغيرات البيوميكانيكية المقاسة وفقاً لأهداف البحث، وتم تصنيفها إلى:

مجلة واسط للعلوم الرياضية Wasit Journal of Sports Sciences E-ISSN:2707-7853 رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439

- المسافات بين القدمين، السرعات والعجلات للكرة، زوايا وصلات الجسم.
- مقادير القوة المبذولة من الطرف السفلي (نيوتن)
- مقادير القوة الناتجة عن الجذع (نيوتن)
- مقادير القوة الناتجة عن الطرف العلوي والكرة (نيوتن)

2-4 إجراءات التصوير والتحليل :

2-4-1 الدراسة الاستطلاعية :

تم إجراء الدراسة على لاعب تنس أرضي وداخل ملعب قانوني وباستخدام ثلاث كاميرات تصوير عالية السرعة طراز جوبرو هيرو 6، تم أداء الضربة الأمامية لعدد ثلاث مرات تكرار ، تم تحليل الإرسال للتأكد من الحصول على المتغيرات قيد الدراسة بشكل موضوعي. وتوصل الباحث إلى ضرورة إستخدام عدد ثلاث كاميرات تصوير لتصوير مهارة الضربة الأمامية 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. وضبط الكاميرات على تردد 120 كادر/ثانية لتصوير الضربة الأمامية وارتطام الكرة بالأرض.

2-4-2 خصائص الكاميرات

تم إجراء التصوير الحركي ثلاثي الأبعاد باستخدام كاميرتان من طراز GoPro Hero 6، تم تثبيتها بزوايا 45 درجة لتغطية حركة اللاعب أثناء أداء مهارة الضربة الأرضية الأمامية في التنس الأرضي، وكاميرا على الأرض بملعب المنافس لرصد هبوط الكرة، تم ضبط الكاميرات على تردد 120 إطار/ثانية.

2-4-3 توزيع الكاميرات

- الكاميرا 1 بزاوية أمامية مائلة (زاوية 45° من الأمام) على الجانب الأيمن للاعب.
- الكاميرا 2 بزاوية خلفية مائلة (زاوية 45° من الخلف) على نفس الجانب.
- الكاميرا 3 توضع عمودية على ملعب الخصم (0.25 متر ارتفاع) لتصوير الكرة لحظة الارتطام بالأرض.

رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439

- الكاميرات تم تثبيتها على ارتفاع 1.10 متر، وعلى بعد 5 أمتار من نقطة تنفيذ الضربة الأرضية الأمامية.

2-5 التجربة الرئيسة :

أولا : تجهيز العينة :

تم تجهيز عينة الدراسة باستخدام علامات لاصقة على النقاط التشريحية الرئيسية وفقًا لنموذج التحليل البيوميكانيكى الكامل للجسم Full Body، حيث تم تثبيت 18 نقطة تشريحية تغطي المفاصل الكبرى والعمود الفقري، بالإضافة إلى نقطة على رأس المضرب ونقطة على الكرة.

ثانيًا: التقاط الحركة

تم تسجيل 18 محاولة لأداء مهارة الإرسال المستقيم في التنس الأرضي، حيث قام اللاعب بتنفيذ الضربة الأرضية الأمامية في التنس الأرضي. تم تجهيز أفضل 6 محاولات للتحليل البيوميكانيكى.

ثالثًا : إجراءات التحليل

تم إجراء التحليل ثلاثي الأبعاد باستخدام برنامج MaxTRAQ، وتم من خلاله تحليل اللحظات الأساسية لأداء مهارة الإرسال، وهي:

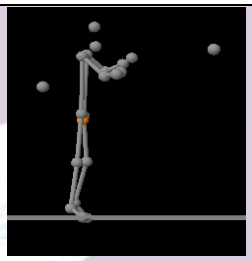
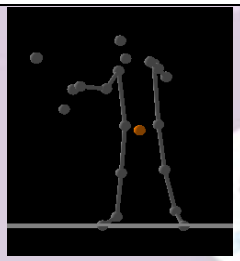
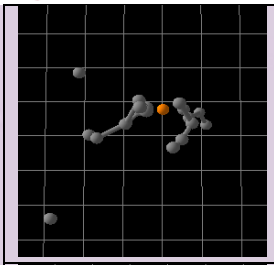
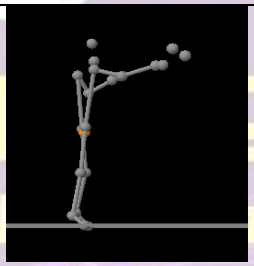
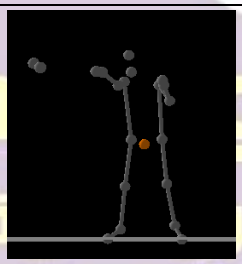
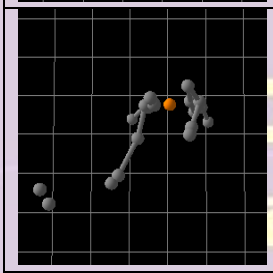
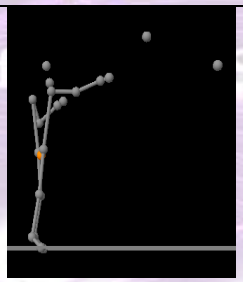
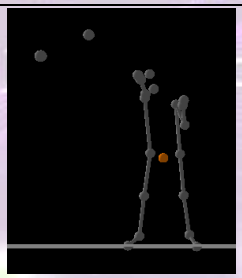
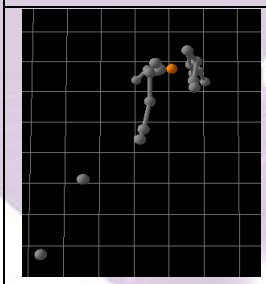
- لحظة المرجحة الخلفية (التحميل) – المرحلة التمهيدية.
- لحظة المرجحة الأمامية (الضرب) – المرحلة الأساسية.
- لحظة نهاية الحركة (المتابعة) – المرحلة النهائية.

فيما يلي جدول يوضح لحظات تحليل الأداء لمهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي (الأشكال العصوية (Stick figures –

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

رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439

1	المرحلة التمهيدية			
2	المرحلة الأساسية			
3	المرحلة النهائية			

6-2 المعالجات الإحصائية

تم استخدام برنامج SPSS للحصول على المعالجات الإحصائية من تحليل المتغيرات البيوميكانيكية لعينات الأداء المهاري في لمهارة الضربة الأمامية في التنس الأرضي وقد شملت هذه المعالجات:

- أقل قيمة
- أعلى قيمة
- المتوسط الحسابي
- الانحراف المعياري
- معامل الالتواء
- معامل التفلطح

رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439

4-عرض وتحليل ومناقشة النتائج :

جدول (3) الدلالات الإحصائية الخاصة بالمتغيرات البيوميكانيكية للمرحلة التمهيدية للضربة الأمامية في التنس الأرضي لعينة البحث (ن=6)

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الارتباط
المسافة بين القدمين (متر)	0.69	0.77	0.74	0.04	-0.97	-.978**
السرعة الأفقية للكرة (متر/ث)	8.47	14.59	10.57	3.11	0.97	.983**
السرعة الرأسية للكرة (متر/ث)	1.17	1.69	1.48	0.24	-0.76	-.908*
السرعة العرضية للكرة (متر/ث)	1.10	2.21	1.47	0.57	0.97	.978**
السرعة المحصلة للكرة (متر/ث)	8.68	14.80	10.79	3.11	0.96	.984**
العجلة الأفقية للكرة (متر/ث)²	31.15	147.03	75.41	55.99	0.89	.941**
العجلة الرأسية للكرة (متر/ث)²	18.15	22.67	20.25	2.04	0.35	-0.656
العجلة الأفقية للكرة (متر/ث)²	9.63	118.84	49.12	54.16	0.94	.991**
العجلة الأفقية للكرة (متر/ث)²	42.91	189.92	95.24	73.47	0.95	.964**
زاوية الكاحل الأيمن (درجة)	99	119	110	9	-0.61	-.996**
زاوية الركبة اليمنى (درجة)	171	178	175	3	-0.64	-.997**
زاوية الفخذ الأيمن (درجة)	165	169	167	2	0.72	-.828*
زاوية الكتف الأيمن (درجة)	51	69	59	8	0.52	-0.389
زاوية المرفق الأيمن (درجة)	123	136	130	6	-0.13	-0.164
زاوية رسغ اليد الأيمن (درجة)	113	120	116	3	0.24	-.922**
زاوية الكاحل الأيسر (درجة)	126	132	129	3	0.00	0.208
زاوية الركبة اليسري (درجة)	155	165	160	5	-0.33	0.662
زاوية الفخذ الأيسر (درجة)	170	172	171	1	-0.97	-.978**
زاوية الكتف الأيسر (درجة)	20	50	32	14	0.81	-0.516
زاوية المرفق الأيسر (درجة)	62	101	80	18	0.45	-.889*
زاوية رسغ اليد الأيسر (درجة)	168	177	171	4	0.92	.994**
القوة المبذولة على وصلة القدم اليمني (نيوتن)	10.83	55.87	30.68	20.56	0.55	.994**
القوة المبذولة على وصلة الساق اليمني (نيوتن)	58.28	159.34	94.74	50.18	0.94	.960**

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الارتباط
القوة المبذولة على وصلة الفخذ اليمني (نيوتن)	239.57	497.08	328.57	130.60	0.96	.984**
القوة المبذولة على وصلة الجذع اليمني (نيوتن)	1589.05	2972.20	2487.82	696.89	-0.96	0.635
القوة المبذولة على وصلة العضد اليمني (نيوتن)	569.88	781.35	682.89	95.24	-0.34	0.322
القوة المبذولة على وصلة الساعد اليمني (نيوتن)	676.49	895.41	786.30	97.91	-0.02	.949**
القوة المبذولة على وصلة كف اليد اليمني (نيوتن)	350.02	481.63	409.23	59.74	0.48	.990**
القوة المبذولة على وصلة القدم اليسري (نيوتن)	13.94	49.42	36.41	17.48	-0.93	0.733
القوة المبذولة على وصلة الساق اليسري (نيوتن)	37.89	206.41	133.58	77.42	-0.62	0.426
القوة المبذولة على وصلة الفخذ اليسري (نيوتن)	130.34	428.52	269.23	134.28	0.34	0.091
القوة المبذولة على وصلة الجذع اليسري (نيوتن)	602.67	2309.87	1530.75	772.15	-0.42	.894*
القوة المبذولة على وصلة العضد اليسري (نيوتن)	257.21	352.14	307.69	42.71	-0.31	.911*
القوة المبذولة على وصلة الساعد اليسري (نيوتن)	93.94	258.83	178.53	73.82	-0.13	0.713
القوة المبذولة على وصلة كف اليد اليسري (نيوتن)	42.08	153.50	85.55	53.32	0.86	.933**
القوة الأفقية للكرة (نيوتن)	18.50	87.33	44.79	33.26	0.89	.941**
القوة الرأسية للكرة (نيوتن)	10.78	13.47	12.03	1.21	0.35	-0.657
القوة العرضية للكرة (نيوتن)	5.72	70.59	29.18	32.17	0.94	.991**
القوة المحصلة للكرة (نيوتن)	25.49	112.81	56.57	43.64	0.95	.964**

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

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الارتباط
المسافة بين القدمين (متر)	0.67	0.78	0.74	0.05	-0.94	-.958**
السرعة الأفقية للكرة (متر/ث)	35.61	47.63	40.37	5.71	0.83	1.000**
السرعة الرأسية للكرة (متر/ث)	2.56	6.16	4.64	1.67	-0.69	0.458
السرعة العرضية للكرة (متر/ث)	2.89	10.77	6.27	3.63	0.64	.997**
السرعة المحصلة للكرة (متر/ث)	35.82	49.11	41.22	6.25	0.78	1.000**

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الارتباط
العجلة الأفقية للكرة (متر/ث)²	619.82	903.19	721.12	141.33	0.95	.963**
العجلة الرأسية للكرة (متر/ث)²	19.93	80.22	59.64	30.76	-0.97	0.653
العجلة الأفقية للكرة (متر/ث)²	31.88	234.44	117.21	93.90	0.69	.893*
العجلة الأفقية للكرة (متر/ث)²	625.80	936.44	736.18	155.39	0.95	.964**
زاوية الكاحل الأيمن (درجة)	102	120	113	9	-0.86	-.999**
زاوية الركبة اليمنى (درجة)	171	175	173	2	-0.72	-.900*
زاوية الفخذ الأيمن (درجة)	162	168	165	3	0.52	.856*
زاوية الكتف الأيمن (درجة)	69	93	82	11	-0.27	-0.113
زاوية المرفق الأيمن (درجة)	131	157	143	12	0.37	-0.335
زاوية رسغ اليد الأيمن (درجة)	162	170	166	4	-0.40	-.985**
زاوية الكاحل الأيسر (درجة)	124	134	128	5	0.93	-0.222
زاوية الركبة اليسرى (درجة)	157	163	161	3	-0.86	0.454
زاوية الفخذ الأيسر (درجة)	169	178	174	4	-0.78	-.912*
زاوية الكتف الأيسر (درجة)	18	28	24	5	-0.61	0.018
زاوية المرفق الأيسر (درجة)	65	82	75	8	-0.62	-.997**
زاوية رسغ اليد الأيسر (درجة)	160	174	167	6	-0.24	0.686
القوة المبذولة على وصلة القدم اليمني (نيوتن)	17.53	28.21	21.64	5.14	0.88	-0.443
القوة المبذولة على وصلة الساق اليمني (نيوتن)	69.81	157.07	104.41	41.46	0.83	-0.135
القوة المبذولة على وصلة الفخذ اليمني (نيوتن)	237.96	513.51	356.78	126.68	0.63	-0.025
القوة المبذولة على وصلة الجذع اليمني (نيوتن)	1112.23	1584.59	1362.92	212.44	-0.30	0.310
القوة المبذولة على وصلة العضد اليمني (نيوتن)	275.11	341.45	305.70	29.94	0.38	.984**
القوة المبذولة على وصلة الساعد اليمني (نيوتن)	378.48	419.70	404.70	20.38	-0.94	0.605
القوة المبذولة على وصلة كف اليد اليمني (نيوتن)	219.37	246.51	232.92	12.14	0.01	0.205
القوة المبذولة على وصلة القدم اليسري (نيوتن)	20.72	37.37	27.25	7.95	0.85	.999**
القوة المبذولة على وصلة الساق اليسري (نيوتن)	64.07	104.72	80.11	19.35	0.84	-0.469
القوة المبذولة على وصلة الفخذ اليسري (نيوتن)	216.62	289.81	257.38	33.36	-0.53	.873*

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الارتباط
القوة المبذولة على وصلة الجذع اليسري (نيوتن)	1218.13	1451.69	1325.47	105.47	0.39	-0.341
القوة المبذولة على وصلة العضد اليسري (نيوتن)	111.38	323.54	203.27	97.40	0.61	-.857*
القوة المبذولة على وصلة الساعد اليسري (نيوتن)	70.47	164.47	104.70	46.46	0.94	-0.729
القوة المبذولة على وصلة كف اليد اليسري (نيوتن)	33.14	61.04	51.30	14.08	-0.96	0.349
القوة الأفقية للكرة (نيوتن)	368.17	536.50	428.35	83.95	0.95	.963**
القوة الرأسية للكرة (نيوتن)	11.84	47.65	35.43	18.27	-0.97	0.653
القوة العرضية للكرة (نيوتن)	18.93	139.26	69.62	55.78	0.69	.893*
القوة المحصلة للكرة (نيوتن)	371.73	556.25	437.30	92.30	0.95	.964**

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

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الارتباط
المسافة بين القدمين (متر)	0.67	0.78	0.73	0.05	-0.67	-.998**
السرعة الأفقية للكرة (متر/ث)	37.87	56.74	46.53	8.52	0.40	.830*
السرعة الرأسية للكرة (متر/ث)	3.23	5.76	4.85	1.26	-0.95	0.720
السرعة العرضية للكرة (متر/ث)	1.22	19.16	9.27	8.15	0.49	.849*
السرعة المحصلة للكرة (متر/ث)	38.30	60.16	48.06	9.94	0.51	.853*
العجلة الأفقية للكرة (متر/ث)²	253.72	1617.15	888.79	614.01	0.34	.817*
العجلة الرأسية للكرة (متر/ث)²	19.93	170.68	79.60	71.68	0.83	.999**
العجلة الأفقية للكرة (متر/ث)²	86.70	303.52	226.34	108.36	-0.95	0.367
العجلة الأفقية للكرة (متر/ث)²	272.42	1654.21	924.39	620.89	0.28	0.805
زاوية الكاحل الأيمن (درجة)	104	123	116	9	-0.88	-.998**
زاوية الركبة اليمنى (درجة)	166	174	169	4	0.91	-0.579
زاوية الفخذ الأيمن (درجة)	164	166	165	1	0.00	0.743
زاوية الكتف الأيمن (درجة)	72	98	87	12	-0.59	0.009

P-ISSN:2707-7845
E-ISSN:2707-7853
العدد الأول – المجلد السابع والعشرون
تاريخ النشر 30 آذار 2026

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل الارتباط
زاوية المرفق الأيمن (درجة)	137	156	147	9	-0.42	-0.058
زاوية رسغ اليد الأيمن (درجة)	162	174	166	6	0.94	-0.723
زاوية الكاحل الأيسر (درجة)	122	131	126	4	0.52	0.019
زاوية الركبة اليسرى (درجة)	159	167	163	4	-0.40	0.640
زاوية الفخذ الأيسر (درجة)	170	178	175	4	-0.91	-.996**
زاوية الكتف الأيسر (درجة)	15	22	18	3	0.89	.997**
زاوية المرفق الأيسر (درجة)	72	77	74	2	0.33	-0.662
زاوية رسغ اليد الأيسر (درجة)	169	173	171	2	0.00	-0.208
القوة المبذولة على وصلة القدم اليمني (نيوتن)	21.35	29.36	24.80	3.68	0.63	-0.567
القوة المبذولة على وصلة الساق اليمني (نيوتن)	82.58	200.56	129.38	56.04	0.83	-0.134
القوة المبذولة على وصلة الفخذ اليمني (نيوتن)	221.94	589.78	378.95	169.70	0.66	-0.039
القوة المبذولة على وصلة الجذع اليمني (نيوتن)	665.00	984.84	805.69	146.11	0.56	0.004
القوة المبذولة على وصلة العضد اليمني (نيوتن)	203.27	248.32	223.45	20.47	0.49	-.881*
القوة المبذولة على وصلة الساعد اليمني (نيوتن)	348.93	393.62	369.72	20.13	0.34	.818*
القوة المبذولة على وصلة كف اليد اليمني (نيوتن)	204.13	234.29	216.28	14.23	0.80	1.000**
القوة المبذولة على وصلة القدم اليسري (نيوتن)	20.18	70.44	37.79	25.31	0.96	-0.266
القوة المبذولة على وصلة الساق اليسري (نيوتن)	72.95	177.24	126.93	46.73	-0.18	0.267
القوة المبذولة على وصلة الفخذ اليسري (نيوتن)	254.83	359.45	293.28	51.48	0.93	.993**
القوة المبذولة على وصلة الجذع اليسري (نيوتن)	696.47	708.04	701.80	5.22	0.38	-0.338
القوة المبذولة على وصلة العضد اليسري (نيوتن)	76.54	142.64	106.51	29.94	0.45	-.890*
القوة المبذولة على وصلة الساعد اليسري (نيوتن)	56.29	128.63	83.82	35.01	0.89	-0.760
القوة المبذولة على وصلة كف اليد اليسري (نيوتن)	31.71	58.03	42.80	12.20	0.69	-.836*
القوة الأفقية للكرة (نيوتن)	150.71	960.59	527.94	364.72	0.34	.817*
القوة الرأسية للكرة (نيوتن)	11.84	101.38	47.28	42.57	0.83	.999**
القوة العرضية للكرة (نيوتن)	51.50	180.29	134.44	64.37	-0.95	0.367
القوة المحصلة للكرة (نيوتن)	161.82	982.60	549.09	368.81	0.28	0.805

مناقشة النتائج

توضح نتائج التحليل البيوميكانيكي وجود تباين ملحوظ في أداء مهارة الضربة الأمامية في التنس الأرضي بين المرحلتين التمهيدية والأساسية، وهو ما يعكس أهمية التنسيق بين مكونات الجسم المختلفة أثناء التنفيذ. فقد أظهرت المرحلة التمهيدية للضربة مستوى منخفضًا من السرعة الأفقية للكرة، مما يشير إلى محدودية المساهمة الحركية في هذه المرحلة، في حين ارتفعت السرعة بشكل واضح في المرحلة الأساسية نتيجة لتفعيل عضلي أكبر وتحقيق نقل فعال للطاقة الحركية، وهو ما يتماشى مع ما أشار إليه كل من إليوت وزملاؤه (Elliott et al., 2003) حول أهمية تناغم الحركة للوصول إلى كفاءة أعلى في الأداء الهجومي.

كما أن السرعة الرأسية للكرة كانت منخفضة نسبيًا مقارنة بالأفقية، مما يعكس أهمية القوى الأفقية في تحديد اتجاه ومسار الكرة، وهي نتائج تتوافق مع ما أكده إليوت (Elliott, 2006) حول طبيعة القوى المؤثرة في رياضات المضرب، حيث تلعب القوة الأفقية دورًا رئيسيًا في التحكم في الكرة ودفعها بقوة نحو الخصم.

فيما يتعلق بالقوى المؤثرة على أجزاء الجسم، لوحظ أن القوى الواقعة على بعض الوصلات مثل القدم والساق كانت متوسطة إلى مرتفعة، بينما كانت أعلى على الجذع واليد، مما يشير إلى أن الأجزاء العلوية تؤدي دورًا رئيسيًا في تنفيذ الضربة. وقد أكد عاد عبد البصير (1998) أن توزيع القوة الحركية في الجسم لا يتم بالتساوي، وأن مناطق معينة مثل الأطراف العلوية تسهم بشكل أكثر فاعلية في الدفع النهائي للكرة.

أما علاقات الارتباط بين المتغيرات البيوميكانيكية والسرعة المحصلة للكرة، فقد أظهرت بعض المتغيرات ارتباطًا قويًا، خاصة تلك المرتبطة بسرعة الحركة والعجلة الأفقية، وهو ما يدل على أن تحسين هذه المتغيرات من شأنه أن يسهم بشكل مباشر في رفع مستوى الأداء. وتتفق هذه النتائج مع ما ورد لدى الكاظمي (2000)، الذي أشار إلى أهمية السرعة الميكانيكية في الأداء المهاري بلعبة التنس.

في المقابل، ظهرت بعض المتغيرات التي لم تكن ذات ارتباط مرتفع مع سرعة الكرة مثل بعض زوايا المفاصل، مما يوحي بأن تأثيرها قد يكون غير مباشر أو محدود ضمن منظومة الحركة الكلية. ويتفق هذا الطرح مع ما بينه أكوتاجاوا وكوجيما (Akutagawa & Kojima, 2005) في دراستهما حول تأثير زوايا الجسم في الأداء الحركي في التنس.

رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439

وتُظهر بعض المتغيرات مثل زاوية الكاحل ارتباطًا قويًا بأداء الضربة، ما يؤكد على أهمية الوضعية الصحيحة للمفاصل لتحقيق التنسيق الأمثل بين أجزاء الجسم، وهي نتيجة تدعمها رؤية طلحة حسام الدين طلحة حسام الدين وآخرين (1998) فيما يتعلق بأهمية الميكانيكا الدقيقة في حركات الجسم الرياضي.

من جهة أخرى، أظهرت بعض الوصلات مثل كف اليد اليمنى تأثيرًا واضحًا ومباشرًا على السرعة المحصلة، وهو ما يشير إلى أهمية التفاعل الفعّال بين اليد والمضرب، خاصة عند نقطة التلامس مع الكرة، وهي نقطة أكدها برودي وزملاؤه (Brody et al., 2002) في دراستهم عن الفيزياء الميكانيكية لرياضات المضرب.

أما المتغيرات التي أظهرت ارتباطًا ضعيفًا، كزاوية المرفق أو الفخذ، فقد تكون مؤثرة في جوانب فنية أخرى، لكنها لا ترتبط ارتباطًا مباشرًا بسرعة الكرة، مما يستدعي مزيدًا من البحث لتحليل دورها التفصيلي في مراحل الحركة المختلفة، كما أشار بذلك بهاموند (Bahamonde, 2005) في تحليله للوظائف البيوميكانيكية لمفاصل الذراع في التنس.

وقد أكدت بعض الدراسات الأخرى مثل فروسار (Frossard, 2012) على أن العجلة الرأسية للكرة ترتبط ارتباطًا وثيقًا بمستوى الأداء، حيث تساهم في إعطاء الكرة انحناءً محكمًا وزيادة التحكم عند الإرسال والضربات الأرضية. كما أن الاختلاف بين الجانب الأيمن والأيسر في بعض القياسات يشير إلى هيمنة طرف معين لدى اللاعبين، وهو ما ينعكس على الأداء العام، وهي نتيجة تؤيدها دراسة بهاموند (Bahamonde, 2005).

بصورة عامة، تتفق هذه النتائج مع الأدبيات السابقة التي أوضحت أهمية التكامل بين زوايا المفاصل، والقوى المؤثرة، والسرعات الناتجة لتحقيق أداء مثالي في رياضة التنس) السلوم، 2002؛ الكاظمي، 2000؛ Elliott, 2006). ومع ذلك، فإن بعض النتائج التي أظهرت تأثيرًا محدودًا لبعض المتغيرات تستوجب تعميق البحث لفهم تأثيرها في سياقات حركية متنوعة ومواقف تنافسية مختلفة.

رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439

4- الاستنتاجات والتوصيات :

4-1 الاستنتاجات

1. تم ملاحظة أن السرعة الأفقية للكرة في المرحلة التمهيدية تتفاوت بشكل كبير، حيث تصل إلى حدود معينة في بداية التنفيذ وتختلف باختلاف التقنيات المستخدمة، مما يعكس دور التمرين الجيد في تحسين هذه السرعة.
2. السرعة الرأسية للكرة، على الرغم من أنها منخفضة نسبياً مقارنة بالسرعة الأفقية في المرحلة التمهيدية، تظل جزءًا أساسيًا في تحديد مسار الكرة وضبط ارتفاعها.
3. في المرحلة الأساسية، هناك تحسن كبير في السرعة الأفقية للكرة، وهو ما يعكس زيادة فعالية الضربة بفضل تحسين أسلوب التنفيذ والقوة المطبقة على الكرة.
4. العجلة الأفقية في المرحلة الأساسية تُظهر تزايدًا ملحوظًا، وهو ما يشير إلى أن هناك تسارعًا قويًا يساهم في رفع مستوى الأداء الرياضي.
5. تمثلت القوى المؤثرة على وصلة القدم اليمنى في نطاقات متنوعة، مما يدل على أهمية هذه الوصلة في توفير الاستقرار والدفع الأساسي خلال الضربة. القوة هنا تُعد عاملاً حاسمًا في تطوير أداء اللاعبين.
6. القوى المؤثرة على وصلة الساق كانت ذات نطاق واسع، ما يدل على أهمية الدور الذي تلعبه هذه المنطقة في توفير الاستقرار اللازم للجسم أثناء حركة الضربة.
7. القوة المؤثرة على وصلة الفخذ، والتي تتراوح بين القيم المختلفة، تبرز أهمية الفخذ في نقل القوة من الساق إلى الجذع وتحديد القوة المؤثرة على الضربة.
8. القوى المؤثرة على وصلة الجذع تتفاوت أيضًا بشكل كبير، مما يوضح الدور المحوري للجذع في نقل الحركة وتوجيه القوى بين الأطراف السفلية والعليا، وبالتالي تأثيره الكبير في تحسين الأداء.
9. الزوايا بين الجذع والسطح الأرضي في المرحلة الأساسية تساهم في تحديد الزوايا المثلى لتنفيذ الضربة بفعالية ودقة، حيث يكون تعديل هذه الزوايا ضروريًا لتحسين الأداء.
10. زيادة التفاعل بين الأطراف السفلية والعليا يؤدي إلى تحسين السرعة الأفقية للكرة، وهذا يُظهر أهمية التنسيق بين جميع أجزاء الجسم في تعزيز الأداء العام.

رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439

11. التركيز على القوى المؤثرة على الساق والفخذ والجذع يمكن أن يساهم بشكل ملحوظ في زيادة القدرة على تنفيذ ضربات أكثر قوة ودقة، مما يعزز الأداء بنسبة ملحوظة.
12. التوازن بين السرعتين الأفقية والرأسية للكرة هو من العوامل الرئيسية في تحسين دقة الضربة، حيث يؤدي التحكم في كلا السرعتين إلى تحقيق أفضل نتائج.
13. زيادة التفاعل بين الجذع والأطراف العليا أثناء الضربة يمكن أن يسهم في تحسين القوة الدورانية بشكل كبير، مما يؤدي إلى تحقيق ضربات أقوى وأسرع.

4-2 التوصيات

1. تحسين تقنيات الضربة من خلال تحسين تقنيات اللاعبين من خلال تدريبات مخصصة لتعزيز السرعة الأفقية والرأسية للكرة.
2. تطوير التفاعل بين الأطراف السفلية والعليا من خلال تحسين تقنيات اللاعبين من خلال تدريبات مخصصة لتعزيز التفاعل بين الأطراف السفلية (القدمين والساقين) والأطراف العليا (اليدين والجذع).
3. استخدام تقنيات مراقبة الأداء من خلال تحسين تقنيات اللاعبين من خلال استخدام الكاميرات عالية السرعة وأجهزة الاستشعار لقياس السرعة والقوة بدقة.
4. التركيز على الإعداد البدني من خلال تحسين تقنيات اللاعبين من خلال تخصيص تدريبات لزيادة القوة والمرونة في العضلات الأساسية مثل الساق والفخذ والجذع لدعم الأداء البدني وتحقيق سرعة وقوة أكبر في الضربة.
5. تطوير استراتيجيات تدريبية متقدمة من خلال تحسين تقنيات اللاعبين من خلال تطوير استراتيجيات تدريبية متقدمة تشمل تدريبات فنية خاصة.
6. تحسين تحليل البيانات البيوميكانيكية من خلال تحسين تقنيات اللاعبين من خلال استخدام برامج تحليل حركي متقدمة.
7. تحسين التفاعل بين القوى المؤثرة على الجسم: تحسين تقنيات اللاعبين من خلال مواصلة البحث في تأثير القوى المؤثرة على أجزاء الجسم المختلفة أثناء الضربة، مما يساهم في تطوير تدريب متوازن يعزز الأداء الحركي.

مجلة واسط للعلوم الرياضية Wasit Journal of Sports Sciences P-ISSN:2707-7845 E-ISSN:2707-7853 رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439

8. الاستفادة من تقنيات الملاحظة في التحليل الفني من خلال تحسين تقنيات اللاعبين من خلال استخدام أنظمة الملاحظة التكنولوجية لتحليل أداء اللاعبين أثناء التمرين والمباريات.
9. التركيز على التقييم الشامل للأداء من خلال تحسين تقنيات اللاعبين من خلال إجراء تقييم شامل لأداء الضربات والسرعات الناتجة عن كل ضربة.
10. التفاعل بين عناصر التكنيك واللياقة البدنية من خلال تحسين تقنيات اللاعبين من خلال تضمين برامج التدريب التي تركز على تقوية عضلات الساق والجذع جنبًا إلى جنب مع التدريب الفني.
11. التعاون مع مدربي البيوميكانيك لتحسين تقنيات اللاعبين من خلال توسيع التعاون بين المدربين والمختصين في البيوميكانيك لتطبيق الأساليب الحديثة في التدريب.

المصادر

1- علي جواد السلوم (2002). ألعاب الكرة والمضرب: التنس الأرضي. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة القادسية.

2- ظافر هاشم الكاظمي (2000). الإعداد الفني والخططي للتنس (ط2). الدار الوطنية للطباعة والنشر والترجمة.

3- طلحة حسام الدين طلحة حسام الدين وآخرون (1998). علم الحركة التطبيقي. القاهرة: مركز الكتاب للنشر.

4- عادل عبد البصير عاد عبد البصير (1998). الميكانيكا الحيوية والتكامل بين النظرية والتطبيق في المجال الرياضي. القاهرة: مركز الكتاب للنشر.

5- Akutagawa, S., & Kojima, T. (2005). Trunk rotation torques through the hip joints during the one- and two-handed backhand tennis strokes. Journal of Sports Sciences, 23(8), 781–793.

6- Badura, M. (2010). Biomechanical analysis of the discus at the 2009 IAAF world championships in athletics. New Studies in Athletics, 25(3/4), 23–35.

رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439

7- Bahamonde, R. (2005). Review of the biomechanical function of the elbow joint during tennis strokes. ISBS Journal of Sports Biomechanics, 6(2), 42–63.

8- Bartlett, R. M. (1992). The biomechanics of the discus throw: A review. Journal of Sports Sciences, 10(5), 467–510.

9- Brody, H., Cross, R., & Lindsey, C. (2002). The physics and technology of tennis. Racquet Tech Publishing.

10- Elliott, B. (2006). Biomechanics and tennis. British Journal of Sports Medicine, 40, 392–396.

11- Elliott, B., Reid, M., & Crespo, M. (2003). Biomechanics of advanced tennis. International Tennis Federation.

12- 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.

13- Frossard, L. (2012). Performance of elite seated discus throwers in F30. ISBS Conference Proceedings Archive.

14- 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.

P-ISSN:2707-7845
E-ISSN:2707-7853
رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2439