Sports Culture 16 (2) (2025) 602-618

http://doi.org/10.25130/sc.25.2.37

Sports Culture

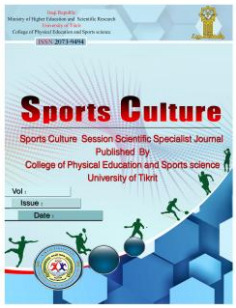
IRAQI Academic Scientific Journals

العراقية المجلات الاكاديمية العلمية

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

ISSN: 2073 – 9494

E-ISSN: 2664 - 0988



The Body's Total Energy and Its Relationship with the Resultant Ball Velocity in the Slice Serve in Tennis

Mustafa Waleed Ayed Al-Obaidi[1]

College of Physical Education and Sports Sciences – Tikrit University – Tikrit – Iraq

A r t i c l e i n f o.

Article history:
-Received: 1/12/2025
-Accepted: 28/12/2025
-Available online: 31/12/2025

Keywords:

- Total energy
- Ball
- release
- serve
- Tennis

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

Sports Culture s ports Culture Sports Culture Sports Culture

Abstract

The aim of the study was to analyze the relationship between the total body energy and the resultant ball exit velocity during the slice serve technique in tennis. **Procedures:** A 3D motion analysis was conducted using three GoPro Hero 6 cameras to record the skill. Twelve slice serve attempts were recorded from the top junior tennis player (with a height of 183 cm, weight of 76 kg, 10 years of training experience, and chronological age of 16 years). The best six attempts were selected for 3D biomechanical evaluation. The SkillSpector 3D biomechanical analysis software was used to analyze the key moments of the skill, which included the final moments of the preparatory, main, and final phases of the slice serve in tennis .**Results:** The findings revealed a strong correlation between the resultant potential energy, the total resultant energy during the preparatory, main, and final phases, and the ball's exit velocity from the racket during the slice serve in tennis.

[1]**Corresponding author**: mustafa.waleed@tu.edu.iq College of Physical Education and Sports Sciences – Tikrit University – Tikrit – Iraq

Sports Culture 16 (2) (2025) 602-618

http://doi.org/10.25130/sc.25.2.37

الطاقة الكلية للجسم وعلاقتها بمحصلة سرعة خروج الكرة في الإرسال القاطع بالتنس الأرضي

تاريخ البحث
- متوفر على الانترنت
2025/12/31

مصطفى وليد العبيدي
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة – جامعة تكريت – تكريت – العراق

الكلمات المفتاحية
- الطاقة
- سرعة
- الكرة
- التنس
- الإرسال

الخلاصة:

الهدف من الدراسة في تحليل العلاقة بين الطاقة الكلية للجسم ومحصلة سرعة خروج الكرة لمهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي. الإجراءات: تم استخدام التحليل ثلاثي الأبعاد باستخدام 3 كاميرات GoPro Hero 6 لتسجيل المهارة، تم تصوير 12 محاولة للإرسال القاطع لأفضل لاعبي التنس فئة الشباب (الطول الكلى 183 سم والوزن 76 كجم والعمر التدريبي 10 سنوات والعمر الزمني 16 سنة) تم اختيار أفضل 6 محاولات لإجراء التقييم البيوميكانيكى ثلاثي الأبعاد. تم استخدام برنامج التحليل البيوميكانيكى ثلاثي الأبعاد SkillSpector لتحليل اللحظات الأساسية للمهارة والتي تمثلت في اللحظات النهائية لكلاً من المرحلة التمهيدية والأساسية والنهائية لمهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي. أظهرت النتائج ارتباطًا قويًا بين طاقة الوضع لمحصلة والطاقة الكلية المحصلة خلال المرحلة التمهيدية والأساسية والنهائية وبين سرعة خروج الكرة من المضرب خلال مهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي.

1 - التعريف بالبحث:

1–1 المقدمة واهمية البحث:

ان مهارة الإرسال في التنس الأرضي تمثّل نقطة البداية لكل تبادل هجومي في المباراة، وتُوفّر للاعب فرصة السيطرة على نسق اللعب منذ اللحظة الأولى. يتطلب الإرسال الناجح مزيجًا من الدقة العالية والقوة ، مما يجعله من العوامل الحاسمة التي تُسهم في تحقيق التفوق على الخصم، وتقلّل من فرصته في الرد والتحكم بالمباراة وبالنظر الى الناحية التقنية، فإن تنفيذ ضربة الإرسال يعتمد على تنسيق عصبي عضلي دقيق (توافق)، وسرعة حركية عالية، إضافة إلى فهم جيد للميكانيكية الحركية الصحيحة للأداء. ولهذا، بات التحليل البيوميكانيكي لهذه المهارة جزءًا أساسيًا في برامج التدريب الحديثة، لما له من دور فعّال في تحسين الأداء وتعزيز فعالية الإرسال.

وقد أشار علي جواد السلوم (2002) إلى أهمية الإرسال في تحقيق التقدم التكتيكي والنفسي في المباراة، مؤكداً أنه يشكّل الأساس الأول للهجوم الناجح في التنس الأرضي. كما أوضح Elliott (2006) أن تطوير مهارة الإرسال يعتمد على المزج بين التدريب البدني والمهاري والتحليل البيوميكانيكي المتقن، مما يعزز من دقته وفعاليته الهجومية ويقلل من فرص المنافس في الرد.

في ضوء التحليلات البيوميكانيكية الحديثة، تبرز الطاقة الكلية للجسم كأحد أهم المتغيرات المؤثرة في كفاءة أداء الإرسال في التنس الأرضي. إذ تُعد هذه الطاقة، التي تمثل مجموع طاقتي الوضع والحركة للجسم أثناء تنفيذ الضربة، مؤشراً دقيقاً على تكامل الاستجابة الحركية بين عناصر القوة والسرعة. وقد تناول السلوم (2002) هذا المفهوم بإسهاب، مشيراً إلى العلاقة الوثيقة بين تنسيق الحركات الجسمانية وفعالية الإرسال، مؤكدًا على أن الاستخدام الأمثل للطاقة الحركية يعكس كفاءة اللاعب في تجميع وتوظيف الجهد الميكانيكي.

وفي السياق ذاته، أكد Akutagawa و Kojima (2005) على الدور المحوري لمفاصل الورك في توليد عزوم دوران الجذع، ما يسهم في تحسين انتقال القوة إلى الذراع والمضرب، وبالتالي نحو الكرة. بينما أشار Bahamonde (2005) إلى أن مفصل المرفق يُعد مركزًا حاسمًا لتحويل الطاقة خلال تنفيذ الإرسال، مما يعكس أهمية النظرة التكاملية لتحليل المفاصل الرئيسية أثناء الأداء.

من ناحية أخرى، يمثل حساب الطاقة الكلية للجسم أحد المؤشرات الجوهرية المستخدمة في تقييم جودة الأداء خلال الضربات، إذ يعكس ارتفاع هذا المتغير فاعلية استخدام الزخم الحركي وتكامل القوى الداخلية

(مثل القوة العضلية) مع القوى الخارجية (كرد فعل الأرض). وقد بيّن الكاظمي (2000) أن الطاقة العالية غالباً ما ترتبط بتسلسل حركي سليم يمكّن اللاعب من استغلال رد الفعل الأرضي بكفاءة GRF. وهذا ما يتوافق مع ما ذكره Badura (2010) حيث أكد على أهمية النقل المتدرج والمتزامن للطاقة عبر السلسلة الحركية لتحقيق أقصى فعالية في الأداء.

أما من حيث النتائج الظاهرة للأداء، فتُعد سرعة خروج الكرة من المضرب مؤشراً كينماتيكياً حاسماً لنجاح الإرسال، إلى جانب الدقة، إذ تؤدي السرعة العالية والدقة في التوجيه إلى تقليل فرص التصدي من قبل المنافس، مما يعزز من الإرسال كسلاح هجومي فعال. ان سرعة الكرة لحظة خروجها من المضرب تُعد من أهم المؤشرات المستخدمة في تقييم أداء اللاعبين المتقدمين ويدعم Elliott, Reid, و Crespo (2003) هذا الرأي، حيث أوضحوا أن سرعة الإرسال تتأثر بمجموعة من العوامل، منها مرونة المفاصل، قوة الساقين، توقيت الضربة، وموقع الضربة ضمن نطاق الحركة.

يُعد التحليل البيوميكانيكي من الأدوات الأساسية لفهم تفاصيل الأداء الحركي وتحسين كفاءته في التنس الأرضي، إذ أشار Brody, Cross, & Lindsey (2002) إلى أهمية توظيف التكنولوجيا الحديثة وبرمجيات التحليل في الكشف عن الجوانب الدقيقة للحركة، مما يتيح للمدربين بناء تدخلات تدريبية موجهة. كما بيّن توماسون (2005) أن فهم المبادئ النظرية لتدريب التنس يُسهم في صياغة أساليب عملية فعالة تستند إلى التحليل الدقيق للحركة، وهو ما ينعكس إيجاباً على التطور الفني والبدني للاعب.

ومن هنا تظهر أهمية البحث في أنه إيضاح العلاقة بين الطاقة الكلية لجسم اللاعب وسرعة خروج الكرة أثناء أداء الإرسال القاطع في التنس الأرضي، حيث يمكن للمدربين واللاعبين فهم كيف تؤثر طاقة الجسم الكلية (مجموع طاقتي الوضع والحركة المحسوبة للجسم) في تحسين أداء الإرسال، مما يساعدهم على تطوير طرق التدريب وزيادة كفاءة اللاعبين، خاصة في فئة الناشئين. وذلك من خلال استخدام التحليل ثلاثي الأبعاد يعطي نتائج دقيقة تساعد في معرفة التفاصيل الحركية التي تؤثر في سرعة الكرة، مما يجعل هذا البحث مفيدًا من الناحية العملية في الملعب وكذلك النظرية في الفهم للمتغيرات الكيناتيكية المؤثرة في تطوير مهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي.

مشكلة البحث

كخبير في التنس الأرضي ومن خلال ملاحظتي الميدانية وتحليلات السابقة لأداء عدد من لاعبي التنس الأرضي لفئة الناشئين، لفت انتباهي وجود تفاوت ملحوظ في سرعة خروج الكرة عند أداء الإرسال القاطع، رغم تشابههم النسبي في بعض الخصائص البدنية والتقنية. هذا التفاوت أثار تساؤلي حول الأسباب الكامنة وراءه، خصوصًا مع استخدام هؤلاء اللاعبين الناشئين لنفس أسلوب الضربة تقريبًا. ومن هنا بدأت أتتبع الفرضيات المرتبطة بفعالية الأداء، فوجدت أن الطاقة الكلية للجسم – التي تشمل طاقتي الوضع والحركة معًا – قد تكون من العوامل المؤثرة بشكل كبير في تحديد سرعة الكرة عند خروجها من المضرب.

عند مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة، لاحظت أن كثيرًا منها تناول الجوانب الكينماتيكية كزوايا الحركة، أو سرعات أجزاء الجسم منفردة، دون التطرق بشكل مباشر لحساب الطاقة الكلية الناتجة عن الحركة المتكاملة للجسم خلال أداء الإرسال القاطع، وبالأخص في التنس الأرضي. كما أن معظم الدراسات التي تناولت مهارة الإرسال، ركزت على تحليل الضربة من جانب الذراع أو المرفق أو الكتف، دون الربط الدقيق بين حركة الجسم بالكامل وتوليد الطاقة اللازمة التي تنعكس على سرعة خروج الكرة.

ومع تطور وسائل التصوير والتحليل البيوميكانيكى ثلاثي الأبعاد، بات من الممكن تتبع تفاصيل الأداء الحركي بدقة علمية تسمح بحساب الطاقة الكلية خلال مختلف مراحل الأداء (التمهيدية، الأساسية، والنهائية)، مما يفتح الباب أمام تحليل جديد ومتكامل لهذه المهارة الهامة في رياضة التنس الأرضي. لذلك،

http://doi.org/10.25130/sc.25.2.37

رأيت أن من الضروري البحث في العلاقة بين الطاقة الكلية للجسم ومحصلة سرعة خروج الكرة في مهارة الإرسال القاطع، باستخدام القياس والتحليل الحديثة للبيوميكانيك، بما يسهم في بناء قاعدة بيانات كمية موثوقة يمكن الاستناد إليها في تطوير البرامج التدريبية الخاصة بهذه المهارة.

أهداف البحث

1. التعرف على الطاقة الكلية للجسم للاعبي التنس الأرضي الناشئين
2. التعرف على سرعة خروج الكرة في الإرسال القاطع بالتنس الأرضي للاعبين الناشئين
3. التعرف على علاقة الطاقة الكلية للجسم بمحصلة سرعة خروج الكرة في الإرسال القاطع بالتنس الأرضي للاعبين الناشئين .

مجالات البحث

المجال البشري : لاعب منتخب العراق بالتنس الأرضي للناشئين

المجال الزمني: 12/21 2024 حتى 3/30 /2025

المجال المكاني : ملعب التنس الأرضي في كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة – جامعة بغداد

منهج البحث :

تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي بأسلوب دراسة الحالة، لملاءمته لطبيعة أهداف البحث

عينة البحث:

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

متغيرات البحث :

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

- متغير كينماتيكى خطي: متغيرات سرعة خروج الكرة.
- متغيرات كيناتيكية خطية : طاقة الحركة والوضع، والطاقة الكلية للجسم.

إجراءات التصوير والتحليل :

لضبط إجراءات التصوير والتحليل البيوميكانيكي ثلاثي الأبعاد لمهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي تم إجراء دراسة استطلاعية قبل الدراسة الأساسية تستهدف ضبط ذلك وفيما يلي نتائج الدراسة الاستطلاعية.

الدراسة الاستطلاعية

تم إجراء الدراسة على لاعب تنس أرضي (سيف سعد دلفي) وصيف العراق فئة المتقدمين لعام 2023 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. وكان **الهدف من الدراسة** هوتحديد مجال التصوير وأبعاد لكاميرات وتحديد خصائص الكاميرات وعددها.

كانت أهم النتائج التجربة الاستطلاعية

http://doi.org/10.25130/sc.25.2.37

- 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.

خصائص الكاميرات:

تم إجراء التصوير الحركي ثلاثي الأبعاد باستخدام ثلاث كاميرات من طراز GoPro Hero 6، تم تثبيتها بزوايا 45 درجة لتغطية حركة اللاعب أثناء أداء مهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي. تم ضبط الكاميرات على تردد 120 إطار/ثانية.

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

مقياس الرسم :

تم استخدام مقياس رسم ثلاثي الأبعاد بأبعاد 1 × 1 × 1متر، حيث وُضع في موقع أداء الإرسال لتحديد نقاط المرجع المكانية وضبط أبعاد الفيديو داخل برامج التحليل.

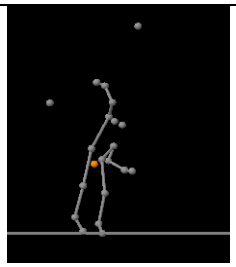
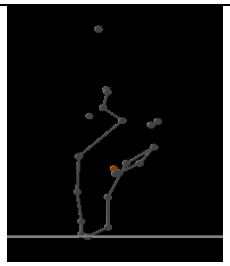
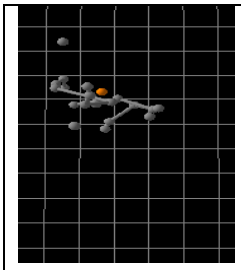
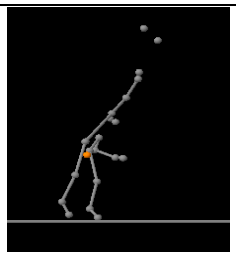
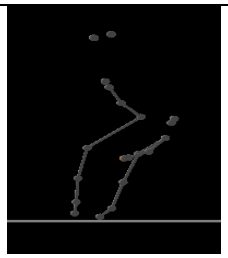
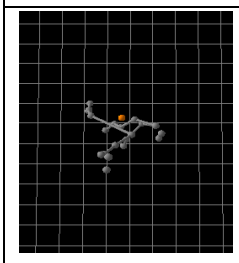
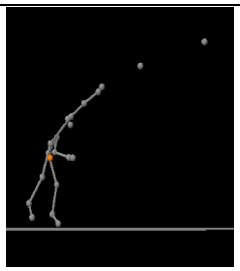
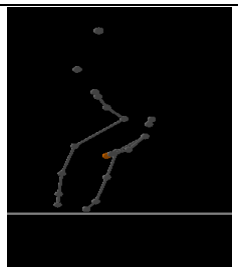
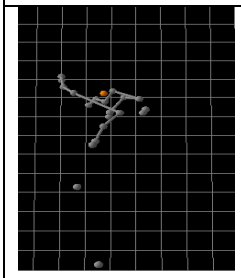
التجربة الرئيسة :

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 جميع مفاصل الجسم، بالإضافة إلى نقطة على رأس المضرب ونقطة على الكرة. كما تم إجراء القياسات الأنثروبومترية الأساسية لعينة الدراسة. وتم تسجيل 12 محاولة لأداء مهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي، حيث قام اللاعب بتنفيذ الإرسال من الوضع الثابت وباتجاه منتصف مربع الإرسال في ملعب الخصم. تم تجهيز المحاولات لإجراء التحليل البيوميكانيكى ثلاثي الأبعاد حيث تم اختيار أفضل 6 محاولات. وتم إجراء التحليل ثلاثي الأبعاد باستخدام برنامج SkillSpector، وتم من خلاله تحليل اللحظات الأساسية لأداء مهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي خلال المرحلة التمهيدية والأساسية والنهائية للإرسال، وفيما 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

Sports Culture 16 (2) (2025) 602-618
http://doi.org/10.25130/sc.25.2.37

1	المرحلة التمهيدية			
2	المرحلة الأساسية			
3	المرحلة النهائية			

الوسائل

تم استخراج المعالجات الإحصائية بإستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS وقد شملت هذه المعالجات:

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

عرض وتحليل ومناقشة النتائج

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

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل التفلطح	معامل الارتباط
السرعة المحصلة للكرة (متر/ث)	3.59	5.21	4.47	0.60	-0.18	-0.72	-0.167
طاقة الوضع الأفقية لمركز ثقل الجسم (جول)	575	725	663	57.45	-0.38	-0.59	0.651

Sports Culture 16 (2) (2025) 602-618
http://doi.org/10.25130/sc.25.2.37

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل التفلطح	معامل الارتباط
طاقة الوضع الرأسية لمركز ثقل الجسم (جول)	694	732	715	12.22	-0.65	2.39	0.570
طاقة الوضع العرضية لمركز ثقل الجسم (جول)	7	317	195	140.16	-0.82	-1.83	0.615
طاقة الوضع المحصلة لمركز ثقل الجسم (جول)	934	1065	1003	48.32	-0.39	-0.86	.917*
طاقة الحركة الأفقية لمركز ثقل الجسم (جول)	0.05	4.26	2.21	1.58	-0.29	-1.12	0.139
طاقة الحركة الرأسية لمركز ثقل الجسم (جول)	6.70	45.03	21.23	14.10	0.96	0.69	-0.451
طاقة الحركة العرضية لمركز ثقل الجسم (جول)	1.00	48.19	17.42	17.34	1.23	1.69	-0.275
طاقة الحركة المحصلة لمركز ثقل الجسم (جول)	11.13	93.27	40.86	29.78	1.09	1.69	-0.366
الطاقة الكلية الأفقية لمركز ثقل الجسم (جول)	578	727	665	57.86	-0.32	-0.78	0.648
الطاقة الكلية الرأسية لمركز ثقل الجسم (جول)	714	760	736	16.49	0.10	-0.44	0.020
الطاقة الكلية العرضية لمركز ثقل الجسم (جول)	17	357	211	144.75	-0.72	-1.75	0.567
الطاقة الكلية المحصلة لمركز ثقل الجسم (جول)	955	1071	1023	45.16	-0.77	-0.99	.861*

*معنوي عند مستوى دلالة 0.05

**معنوي عند مستوى دلالة 0.01

عرض نتائج المتغيرات البيوميكانيكية للمرحلة الأساسية للإرسال القاطع في التنس الأرضي لعينة

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 التفلطح	معامل الإرتباط
السرعة المحصلة للكرة (متر/ث)	24.85	59.70	42.97	14.95	-0.02	-1.94	1.000**
طاقة الوضع الأفقية لمركز ثقل الجسم (جول)	565	739	666	65.70	-0.46	-0.61	0.700

Sports Culture 16 (2) (2025) 602-618
http://doi.org/10.25130/sc.25.2.37

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل التفلطح	معامل الإرتباط
طاقة الوضع الرأسية لمركز ثقل الجسم (جول)	706	742	728	12.95	-0.88	0.82	0.493
طاقة الوضع العرضية لمركز ثقل الجسم (جول)	17	340	196	143.05	-0.69	-1.88	0.682
طاقة الوضع المحصلة لمركز ثقل الجسم (جول)	932	1083	1015	56.10	-0.53	-0.84	.923**
طاقة الحركة الأفقية لمركز ثقل الجسم (جول)	0.04	11.62	4.11	4.50	0.98	0.14	0.457
طاقة الحركة الرأسية لمركز ثقل الجسم (جول)	0.00	2.21	0.65	0.91	1.27	0.37	0.310
طاقة الحركة العرضية لمركز ثقل الجسم (جول)	0.85	12.88	5.37	4.65	0.86	-0.22	0.304
طاقة الحركة المحصلة لمركز ثقل الجسم (جول)	2.27	17.75	10.13	5.66	-0.20	-0.78	0.664
الطاقة الكلية الأفقية لمركز ثقل الجسم (جول)	565	751	670	68.27	-0.43	-0.47	0.703
الطاقة الكلية الرأسية لمركز ثقل الجسم (جول)	706	744	729	13.76	-0.74	0.47	0.485
الطاقة الكلية العرضية لمركز ثقل الجسم (جول)	17	353	201	146.60	-0.66	-1.85	0.675
الطاقة الكلية المحصلة لمركز ثقل الجسم (جول)	933	1092	1019	58.44	-0.47	-0.72	.929**

*معنوي عند مستوى دلالة 0.05
**معنوي عتد مستوى دلالة 0.01

عرض نتائج المتغيرات البيوميكانيكية للمرحلة النهائية للإرسال القاطع في التنس الأرضي لعينة.

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 التفلطح	معامل الارتباط
السرعة المحصلة للكرة (متر/ث)	32.56	64.81	52.14	12.65	-0.58	-0.80	.919**
طاقة الوضع الأفقية لمركز ثقل الجسم (جول)	566	746	668	68.30	-0.36	-0.94	0.722
طاقة الوضع الرأسية لمركز ثقل الجسم (جول)	705	744	728	13.98	-0.57	0.28	0.528
طاقة الوضع العرضية لمركز ثقل الجسم (جول)	13	347	199	146.12	-0.69	-1.85	0.673
طاقة الوضع المحصلة لمركز ثقل الجسم (جول)	934	1088	1017	58.52	-0.46	-1.15	.938**
طاقة الحركة الأفقية لمركز ثقل الجسم (جول)	0.44	5.91	3.64	2.52	-0.58	-2.16	0.311
طاقة الحركة الرأسية لمركز ثقل الجسم (جول)	0.07	3.98	1.03	1.47	2.29	5.39	-0.551
طاقة الحركة العرضية لمركز ثقل الجسم (جول)	0.02	17.35	6.26	6.34	1.17	1.27	0.341
طاقة الحركة المحصلة لمركز ثقل الجسم (جول)	2.53	23.73	10.92	7.79	0.96	0.11	0.274
الطاقة الكلية الأفقية لمركز ثقل الجسم (جول)	567	752	672	69.59	-0.39	-0.85	0.722

http://doi.org/10.25130/sc.25.2.37

المتغيرات البيوميكانيكية	أقل قيم	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء	معامل التفلطح	معامل الارتباط
الطاقة الكلية الرأسية لمركز ثقل الجسم (جول)	706	745	729	13.85	-0.69	0.47	0.480
الطاقة الكلية العرضية لمركز ثقل الجسم (جول)	17	365	204	150.14	-0.61	-1.81	0.670
الطاقة الكلية المحصلة لمركز ثقل الجسم (جول)	935	1093	1021	59.85	-0.47	-1.06	.941**

*معنوي عند مستوى دلالة 0.05
**معنوي عند مستوى دلالة 0.01

مناقشة النتائج

مناقشة نتائج المراحل

يتضح من تحليل النتائج الخاصة بالمرحلة التمهيدية للإرسال القاطع أن السرعة المحصلة للكرة كانت معتدلة، ما يعكس طبيعة هذه المرحلة التمهيدية مرحلة تمهيدية للإطلاق الفعلي، دون الحاجة إلى الوصول للسرعة القصوى والذي يتوافق ذلك مع ما أشار إليه Elliott et al. (2003)، حيث أكد أن الهدف الأساسي من هذه المرحلة هو تعبئة الطاقة وتهيئة الوضعيات المثالية لتوليد الزخم لاحقًا.

أما طاقة الوضع الأفقية للجسم فقد اتسمت بارتفاع نسبي، مما يشير إلى أن الجسم يبدأ بالفعل في التقدم للأمام بشكل فعال. وهذا يتفق مع ما ذكره Reid & Elliott (2002) من أن النقل الأفقي للطاقة يُعد خطوة أولى ضرورية في سلسلة نقل القوى أثناء الإرسال.

وفيما يتعلق بطاقة الوضع الرأسية، فقد كانت في مستوى متوسط يميل إلى الارتفاع، مما يعكس حالة من التهيئة العضلية الرأسية التي تدعم الارتقاء لاحقًا في مرحلة الأداء. وأكدت Kovacs & Ellenbecker (2011) أن مثل هذا الارتفاع يسهم في تحسين التحكم في زاوية الذراع وتوازن الجسم أثناء الإرسال.

أما طاقة الوضع العرضية، فقد كانت متوسطة لكن مع وجود تباين ملحوظ بين اللاعبين، مما يعكس اختلافات فردية في استخدام الاتجاهات الجانبية أثناء التحضير.

وبالنسبة لطاقة الوضع المحصلة، فقد سُجلت كمًّا مرتفعًا نسبيًا من الطاقة الكامنة المخزّنة في الجسم خلال هذه المرحلة، مما يعزز من كفاءة الأداء الحركي اللاحق. ويتماشى هذا مع طرح Knudson (2006) الذي شدد على أهمية تعبئة الطاقة كاملة قبل بدء الانطلاق الحركي.

أما طاقة الحركة الأفقية فقد كانت منخفضة نسبيًا، وهو ما يعكس بداية انتقال الجسم للأمام دون تسارع كبير في هذه المرحلة المبكرة. وأشار Elliott (2006) إلى أن الطاقة الأفقية تبدأ بالازدياد تدريجيًا مع تقدم المراحل، وتبلغ ذروتها عند الإطلاق الفعلي للكرة.

وفيما يخص طاقة الحركة الرأسية، فقد كانت في مستوى معتدل، مما يدل على وجود مساهمة محدودة في رفع مركز الثقل أثناء التحضير. وتُعد هذه الزيادة ضرورية لضبط الارتفاع المناسب للأداء، كما أوضحت دراسات Badura (2010) و Bartlett (1992) في سياق المهارات التي تتطلب دقة توجيهية مثل التنس والرمي.

طاقة الحركة العرضية أظهرت وجود حركة جانبية خفيفة أثناء التحضير، قد تكون نتيجة لتدوير الجذع أو توسيع قاعدة الارتكاز. هذه الحركة تكتسب أهميتها من دورها في بناء العزم الدوراني، وهو ما أكده Akutagawa & Kojima (2005) عن أهمية تأثير التدوير الجذعي في فعالية الأداء الحركي.

أما طاقة الحركة المحصلة فقد عكست حالة من التراكم المتوازن للطاقة عبر الاتجاهات الثلاثة، وهو ما يُعد تمهيدًا ضروريًا للمرحلة التالية من الأداء. وقد أشار Bartlett (1992) إلى أن التكامل الثلاثي الأبعاد للطاقة يعزز من كفاءة الإطلاق في الألعاب المركبة مثل التنس ورمي القرص.

وفيما يتعلق بـالطاقة الكلية الأفقية، فقد اتضحت بأنها كانت مرتفعة نسبيًا، مما يعكس فاعلية التحضير في الاتجاه الأمامي، ويسلط الضوء على أهمية الثبات في هذا الاتجاه لتحسين دقة الإرسال، وفقًا لتحليلات Brody et al. (2002).

أما الطاقة الكلية الرأسية فقد تميزت بالارتفاع، مما يشير إلى دور كبير للعضلات الممددة في الأطراف السفلية، خصوصًا في توليد العزم اللازم عبر المحور الطولي. هذا يتماشى مع ما أشار إليه Bahamonde (2005) و Badura (2010) بحصوص أهمية التفعيل العضلي العمودي في الضربات القوية.

وقد كانت الطاقة الكلية العرضية في مستوى متوسط، مما يشير إلى توظيف الحركات الجانبية لاستخدام التدوير الكتفي والجذعي في تعزيز زاوية ودقة الإرسال. وهو ما شدد عليه Bahamonde (2005) فى تحليله لدور هذه الحركات في فعالية الأداء.

وأخيرًا، فإن الطاقة الكلية المحصلة لمركز الثقل سُجلت كأعلى قيمة، مما يعكس أقصى درجات تراكم الطاقة الكامنة في هذه المرحلة الحرجة. وأشارت الأدبيات، مثل Bartlett (1992) و Brody et al. (2002)، إلى أن هذا التراكم يُعد جوهريًا لضمان فعالية الانطلاق الحركي في المهارات التي تعتمد على إطلاق قوي وموجه كما في الإرسال في التنس الأرضي.

يتضح من تحليل المرحلة الأساسية للإرسال القاطع أن سرعة الكرة بلغت مستوى مرتفعًا نسبيًا، ما يشير إلى انتقال فعّال للطاقة من اللاعب إلى الكرة لحظة الضرب. كما يبرز وجود تناغم بين حركة المفاصل الرئيسية ومركز ثقل الجسم، وهو ما يحقق إرسالًا قويًا ودقيقًا، كما أشار طلحة حسام الدين وآخرون (1998) إلى أن فعالية الأداء تعتمد بدرجة كبيرة على التنسيق بين العضلات والمفاصل أثناء الحركة.

أظهرت البيانات أن طاقات الوضع في الاتجاهات الأفقية والرأسية والعرضية كانت جميعها في نطاق معتدل إلى مرتفع، وهو ما يعكس استقرارًا واضحًا في مركز ثقل الجسم خلال هذه المرحلة، خاصة في المحور الرأسي. ويؤكد ذلك ما أورده عادل عبد البصير رضوان (1998) بأن الاتزان الرأسي يمثل عاملًا حاسمًا في تقليل الأخطاء وتحقيق الثبات الحركي.

أما طاقات الحركة فقد ظهرت متباينة، حيث كانت منخفضة في الاتجاه الرأسي، ومعتدلة في الاتجاهين الأفقي والعرضي، مما يعكس اعتماد اللاعب على الميل الجانبي والانحراف الطولي في تنفيذ الإرسال القاطع، وهو ما يتفق مع ما ذكره هافال خورشيد رشيد (1997) حول أهمية حركة التواء الجذع والجانب المسيطر في هذه النوعية من الإرسال.

وفيما يخص الطاقة الكلية في الاتجاهات الثلاثة، فقد تميزت بتوزيع متوازن نسبيًا، مع تركيز نسبي في الاتجاه الرأسي. هذا التوزيع يدعم أداء اللاعب من حيث كفاءة التنفيذ دون المساس باتزان الجسم، وهو ما أشار إليه لويس توماسون (2005) في ضرورة تحقيق التوازن الطاقي لضمان الأداء الحركي الأمثل.

وتشير هذه النتائج إجمالًا إلى أن المرحلة الأساسية تشكل نقطة محورية في توليد القوة وتوظيف الطاقة المختزنة في الجسم، مع اعتماد واضح على التوازن بين المحاور المختلفة لمركز الثقل. هذا التوزيع المتزن للطاقة، لاسيما بين المحورين الأفقي والرأسي، يسهم في دعم فعالية الإرسال وسرعة الكرة، مع الحفاظ على دقة الأداء وتناغمه.

تشير نتائج المرحلة النهائية للإرسال القاطع إلى أن سرعة الكرة وصلت إلى مستوى أعلى مما كانت عليه في المرحلة الأساسية، مما يدل على أن هذه المرحلة تُعد المحطة الحاسمة في نقل الطاقة الحركية إلى الكرة، خاصة خلال متابعة الضربة. ويؤكد هذا ما ذكره Akutagawa & Kojima (2005) و Elliott (2006) من أن اللحظة الأخيرة في الإرسال تتطلب أقصى تسارع للذراع المضربة، مصحوبًا بتفعيل عزم الدوران الجذعي عبر مفاصل الورك لتوليد التسارع الأمثل.

أما فيما يخص طاقة الوضع للجسم، فقد أظهرت النتائج أن مستوياتها ظلت معتدلة إلى مرتفعة في الاتجاهات الأفقية والرأسية والعرضية، ما يعكس قدرة اللاعب على الحفاظ على ثبات مركز الثقل خلال لحظات الضرب. هذا الثبات يُعد ضروريًا لتحقيق اتزان الجسم أثناء نقل الطاقة، وهو ما أشار إليه كل من Badura (2010) و Bahamonde (2005) بوصفه أحد المرتكزات الأساسية لفعالية الأداء الحركي، خصوصًا في الحركات المعتمدة على الدوران والانتقال.

وبالنظر إلى طاقات الحركة، فقد أظهرت تفوقًا ملحوظًا للطاقة العرضية مقارنة ببقية الاتجاهات، مما يدل على اعتماد الأداء على الدوران الجانبي للجسم لإحداث تأثير القطع على الكرة. ويعد هذا النمط من التغير الجانبي في مركز الثقل مؤشرًا واضحًا على فعالية الإرسال القاطع، كما أكدت ذلك التحليلات البيوميكانيكية لضربات التنس الحديثة مثلما ورد لدى Bartlett (1992) و Brody, Cross, & Lindsey (2002).

وفيما يتعلق بالطاقة الكلية للجسم، فقد اتضح أنها تتوزع بشكل متوازن بين الاتجاهات المختلفة، مع بروز نسبي في الاتجاه العرضي والرأسي. هذا التوزيع يعكس حفاظ العينة على مسار ديناميكي متزن في نهاية الإرسال، وهو ما يسهم في تقليل الإجهاد العضلي وتحقيق كفاءة ميكانيكية عالية، وهو عامل مهم في دعم الاستشفاء السريع والانتقال السلس للضربات التالية أثناء اللعب، كما أشار Elliott, Reid, & Crespo (2003).

بوجه عام، تؤكد هذه النتائج أن المرحلة النهائية تمثل ذروة الأداء في الإرسال القاطع، حيث يُنقل خلالها الحد الأقصى من الطاقة إلى الكرة، مع الحفاظ على ثبات واتزان مركز الثقل. كما أن الارتفاع النسبي في الطاقات الكلية والعرضية يعكس اعتمادًا متزايدًا على التدوير الجانبي، وهو من السمات الفنية المميزة لهذا النوع من الإرسال في التنس المتقدم. وتؤكد هذه المؤشرات ضرورة التركيز في التدريب على تحسين ديناميكية الجسم في نهاية الأداء لتحقيق إرسال دقيق وفعّال، وهو ما شدد عليه كل من Elliott (2006) وBartlett (1992).

مناقشة نتائج علاقات الارتباط لمراحل الإرسال

أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباطية قوية ودالة إحصائيًا بين سرعة الكرة المحصلة أثناء تنفيذ الإرسال القاطع وبعض المتغيرات البيوميكانيكية، خاصة خلال المرحلتين الأساسية والنهائية من الأداء. وتؤكد هذه العلاقات أن هاتين المرحلتين تمثلان اللحظات الأهم في توليد السرعة العالية للكرة، وذلك لما تتطلبانه من دقة في التحكم الحركي وتفعيل مثالي لنقل الطاقة من الجسم إلى الكرة، بما يتوافق مع ما أشار إليه كل من Elliott et al. (2003) و Bartlett (1992) حول أهمية مرحلة الضرب في نقل الطاقة الحركية بكفاءة.

كما أظهرت النتائج أن هناك ارتباطًا واضحًا بين طاقة الوضع المحصلة لمركز ثقل الجسم وسرعة الكرة في جميع مراحل الأداء، وهو ما يعكس أهمية المحافظة على مركز ثقل ديناميكي مستقر وفعّال، بما يدعم قدرة الجسم على توجيه القوة بكفاءة أثناء الضرب. هذا يتوافق مع النماذج البيوميكانيكية الحديثة التي ترى في ضبط مركز الثقل أحد أهم مؤشرات الكفاءة الحركية، خصوصًا في الضربات المعقدة كما أشار كل من Hamill & Knutzen (2006)و Badura (2010).

وأوضحت النتائج كذلك أن الطاقة الكلية المحصلة، الناتجة عن تكامل طاقتي الوضع والحركة، ترتبط بشكل دال بسرعة الكرة، لاسيما في المرحلة النهائية، وهو ما يُبرز أهمية التناسق الطاقي لتحقيق أعلى فعالية حركية ممكنة. هذا المفهوم يتماشى مع ما طرحه كل من Knudson (2007) و Elliott (2006) في نماذجهم حول التحكم في الطاقة والجهد العضلي لضمان الأداء المثالي في اللحظات الحاسمة.

بوجه عام، تدعم هذه النتائج ضرورة دمج تحليل مراحل الأداء البيوميكانيكي مع دراسة المتغيرات الطاقية عند تحليل مهارة الإرسال القاطع في التنس الأرضي، وهو ما يتماشى مع الاتجاهات الحديثة في التحليل الحركي التي تدعو إلى استخدام النماذج ثلاثية الأبعاد والتقنيات المتقدمة لرفع مستوى الأداء الفني والبدني، كما ورد في أعمال Bartlett (2007) و Elliott et al. (2003) .

الاستنتاجات :

1. أظهرت المرحلة الأساسية من الإرسال القاطع في التنس الأرضي أهمية حاسمة في تحديد سرعة الكرة، حيث ارتبطت السرعة المحصلة للكرة ارتباطًا تامًا ودالًا إحصائيًا بمعدل خروجها، مما يعكس الدور المحوري لتلك المرحلة في توليد الطاقة الحركية الفعالة.

2. أظهرت المرحلة النهائية من الأداء تأثيرًا بارزًا على كفاءة الإرسال، حيث سجلت الطاقة الكلية المحصلة لمركز الثقل ارتباطًا عاليًا ودالًا مع سرعة الكرة.

3. أظهرت البيانات أن الطاقة الكلية المحصلة لمركز الثقل في المرحلة الأساسية كانت أيضًا من العوامل المؤثرة في سرعة الكرة، مما يدل على أن تلك المرحلة لا تقتصر على التحضير، بل تسهم فعليًا في تعزيز الطاقة الموجهة نحو الأداء.

4. بيّنت المرحلة النهائية علاقة ارتباط قوية بين طاقة الوضع المحصلة وسرعة الكرة، مما يدعم فرضية أهمية استقرار مركز الثقل في تحقيق دقة الإرسال وقوته.

5. في المرحلة التمهيدية، لوحظ وجود علاقة ارتباط معتدلة بين الطاقة الكلية المحصلة وسرعة الكرة، وهو ما يعكس دورًا مبدئيًا في تهيئة الجسم لحركة فعالة لاحقة، دون أن تكون هذه المرحلة الحاسمة في إنتاج السرعة.

6. سُجل ارتباط قوي بين طاقة الوضع المحصلة في المرحلة الأساسية وسرعة الكرة، مما يعزز أهمية التحكم في الوضع الحركي للجسم في هذه المرحلة كأحد مكونات الكفاءة الحركية.

7. سجّلت مكونات الطاقة الكلية (العرضية، الطولية، والأفقية) ارتباطات متوسطة مع سرعة الكرة، وهو ما يشير إلى ضرورة توازن التوزيع الطاقي في المحاور الثلاثة لتحقيق الأداء المثالي.

8. لم تُظهر طاقة الحركة المحصلة في أي من مراحل الأداء علاقة دالة إحصائيًا مع سرعة الكرة، مما قد يُفسَّر بأن فعالية الإرسال القاطع تعتمد بشكل أكبر على طاقات الوضع والاستقرار أكثر من اعتمادها على الطاقة الحركية الصرفة.

9. سُجل ارتباط ضعيف نسبيًا بين الطاقة الرأسية الكلية وسرعة الكرة في المرحلة النهائية، مما يشير إلى أن المكون الرأسي للطاقة لا يُعد من المحددات الأساسية لسرعة الإرسال في هذا النوع من الضربات.

التوصيات

http://doi.org/10.25130/sc.25.2.37

استنادًا إلى أهداف الدراسة، تُوصى الدراسة بما يلي:

1. تركيز البرامج التدريبية على تطوير المرحلتين الأساسية والنهائية من الأداء الحركي للإرسال القاطع، نظرًا لتأثيرهما المباشر والفعّال في إنتاج سرعة الكرة، كما أكدت الارتباطات الإحصائية القوية في هاتين المرحلتين.
2. استخدام تقنيات القياس والتحليل البيوميكانيكي الدقيقة لمتابعة التغيرات في الطاقة الكلية لمركز ثقل الجسم لدى اللاعبين، بوصفها مؤشراً رئيسًا لتحسين الكفاءة الحركية خلال الأداء الفني.
3. تصميم وحدات تدريبية نوعية تُعنى بتحسين اتزان الجسم وضبط مركز ثقله في مختلف مراحل الإرسال، وبخاصة في المرحلتين التمهيدية والأساسية، لضمان انتقال سلس للطاقة وزيادة فعالية الأداء.
4. دمج تحليل الطاقة الوضعية والحركية ضمن خطط التدريب الفني، بما يُسهم في تشخيص مواطن القوة والقصور في الأداء وتوجيه التدخلات التدريبية وفق بيانات موضوعية.
5. إعطاء الأولوية لتطوير الحركات العرضية والأفقية مقارنة بالحركات الرأسية، نظراً لدورها الأكبر في تعزيز سرعة الكرة خلال الإرسال القاطع، كما بيّنت القيم الارتباطية في الدراسة.
6. تطبيق اختبارات ميدانية مقننة تعتمد على تقنيات التصوير والتحليل الحركي ثنائي وثلاثي الأبعاد، بهدف الربط المنهجي بين المتغيرات البيوميكانيكية ومستوى الأداء الفني الفعلي في الإرسال القاطع.
7. تشجيع التعاون المستمر بين مدربي التنس وخبراء البيوميكانيك لتفسير نتائج التحليل الفني وتطوير الأداء استنادًا إلى أسس علمية مدروسة.
8. إدراج تدريبات "التحكم في مركز الثقل" ضمن برامج الإعداد البدني والفني، لما لها من أثر واضح في تحسين الثبات والتوازن الحركي، وهو عنصر جوهري في الكفاءة الميكانيكية.
9. الاستفادة من نتائج الدراسة في تطوير أدوات ومعايير تقييم الأداء الفني في رياضة التنس، بما يُعزز من فعالية التقويم داخل الأكاديميات والأندية الرياضية.

1 / 11 / المراجع

1 / 11 / 1 المراجع العربية

1. طلحة حسام الدين جوادي وآخرون .(1998) علم الحركة التطبيقي .القاهرة: مركز الكتاب للنشر.
2. ظافر هاشم الكاظمي (2000). الإعداد الفني والخططي للتنس (ط2). الدار الوطنية للطباعة والنشر والترجمة.
3. عادل عبد البصير رضوان .(1998) الميكانيكا الحيوية والتكامل بين النظرية والتطبيق في المجال الرياضي .القاهرة: مركز الكتاب للنشر.
4. علي جواد السلوم (2002). ألعاب الكرة والمضرب: التنس الأرضي. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة القادسية.
5. لويس توماسون (2005). المدخل إلى نظريات تدريب التنس (ترجمة مركز التنمية الإقليمي). القاهرة.
6. هافال خورشيد رشيد (1997). تحليل وتقويم أداء لاعبي التنس المتقدمين من خلال استخدام نظام ملاحظة مقترح. رسالة ماجستير، كلية التربية الرياضية، جامعة بغداد.

1 / 11 / 2 المراجع الأجنبية

http://doi.org/10.25130/sc.25.2.37

3. 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.
4. 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.
5. Bahamonde, R. (2005). Review of the biomechanical function of the elbow joint during tennis strokes. ISBS Journal of Sports Biomechanics, 6(2), 42–63.
6. Bartlett, R. M. (1992). The biomechanics of the discus throw: A review. Journal of Sports Sciences, 10(5), 467–510.
7. Brody, H., Cross, R., & Lindsey, C. (2002). *The physics and technology of tennis*. Racquet Tech Publishing.
8. Brody, H., Cross, R., & Lindsey, C. (2002). The physics and technology of tennis. Racquet Tech Publishing.
9. Elliott, B. (2006). Biomechanics and tennis. British Journal of Sports Medicine, 40, 392–396.
10. Elliott, B., Reid, M., & Crespo, M. (2003). Biomechanics of advanced tennis. International Tennis Federation.
11. Knudson, D. (2006). *Biomechanical principles of tennis technique: Using science to improve your strokes*.
12. Reid, M., & Elliott, B. (2002). Tennis: The one- and two-handed backhands in tennis. Sports Biomechanics, 1(1), 47–68.