تأثير تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية على مؤشر التعب وبعض الخصائص البيوميكانيكية لمهارة الضرب الساحق لدى لاعبي الكرة الطائرة

أ. د/ مُحمَّـــد سَالِم حُسَـــين درْويـــــش[1]

م. د/ منن سيد محمد السيد[2]

هدف هذا البحث إلى استقصاء تأثير تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية على مؤشر التعب وبعض الخصائص البيوميكانيكية لمهارة الضرب الساحق لدى لاعبي الكرة الطائرة. لتحقيق هذا الهدف، اعتمد الباحثان على المنهج شبه التجريبي لتطبيق برنامج تدريبي محدد على مجموعة تجريبية، مع إجراء القياسات القبلية والبعدية لتحديد الفروق الناتجة عن البرنامج. وفي الوقت نفسه، استخدم المنهج الوصفي التحليلي لدراسة الخصائص البيوميكانيكية للمهارة، من خلال جمع بيانات دقيقة حول سرعة الاقتراب، مسافة الوثبة الأخيرة، زوايا الركبة والذراع أثناء الدفع، زاوية الطيران، ارتفاع مركز الكتلة، والسرعة المحيطية للذراع باستخدام أجهزة قياس بيوميكانيكية متطورة

وقد مثل مجتمع البحث لاعبي الكرة الطائرة المسجلين رسميًا في الأندية المصرية ضمن الفئة السنية تحت ١٨ سنة، حيث بلغ عددهم الإجمالي ٢٠ لاعبًا. أما عينة البحث، فتم اختيارها عمديًا من اللاعبين المتخصصين في المركز الرابع) الضارب الخارجي الأيسر Outside – Hitter/Left Side Spiker)نظرًا لاعتماد هذا المركز الكبير على الأداء المتكرر لمهارة الضرب الساحق ودوره الحاسم في تحقيق النقاط والضغط على الفريق المنافس خلال الموسم الرياضي ٢٠٢٤/٢٠٢٥

وأظهرت نتائج الدراسة وجود علاقة إيجابية ودالة إحصائيًا بين تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية ومؤشر التعب، مما يشير إلى أن هذه التدريبات ساعدت في تقليل تأثير التعب على الخصائص البيوميكانيكية للضرب الساحق، وعززت القدرة على التحكم الحركي أثناء الأداء. وبناءً عليه، أوصى البحث بتطوير برامج تدريبية شاملة تجمع بين القوة، التحمل، ودقة التحكم الحركي، بهدف تحسين التكامل بين الأداء البدني والفني للاعبي الكرة الطائرة أثناء تنفيذ الضرب الساحق

[1] أُستاذ دُكْتُور بِقِسْم مَناهِج وَطرُق تَدرِيس التَّرْبية البدنية – كُليَّة علوم الرِّياضيَّة لِلْبنين – جَامِعة حُلْوان .

[2] مدرس دُكْتُور بِقِسْم التدريب الرياضي – كُليَّة علوم الرِّياضيَّة للبنات – جَامِعة حلوان .

المقدمة :_

تُعد لعبة الكرة الطائرة من الرياضات الجماعية التي تتسم بكثافة الأداء البدني وتعقيد متطلباتها التكتيكية والفنية، إذ يحتاج اللاعب إلى الدمج بين القدرات البدنية، القوة العضلية، الكفاءة البيوميكانيكية، والتفكير التكتيكي السريع لتحقيق أعلى مستويات الأداء (Gabbett, 2016, p. 273–280). ومن بين المهارات الأساسية في اللعبة، يبرز الضرب الساحق باعتباره المهارة الهجومية الأكثر تأثيرًا في حسم نتائج المباريات، نظرًا لاعتماده على عناصر متداخلة تشمل القوة العضلية، دقة التوقيت، الاقتصاد الحركي، والتحكم في الوضعيات الحركية للجسم أثناء الطيران والهبوط (De Bleecker, Vanwanseele, & Molik, 2025, p. 112236). وعليه، أصبح من الضروري دراسة العوامل التي تؤثر في أداء هذه المهارة الهجومية الحيوية.

وفي هذا الإطار، تأتي أهمية القوة اللاهوائية الانفجارية كمتغير مستقل رئيسي، إذ تعد من القدرات الأساسية التي تحدد كفاءة اللاعب في تنفيذ الضرب الساحق. أظهرت الدراسات أن تدريبات القوة الانفجارية تسهم بشكل مباشر في تحسين ارتفاع القفز، سرعة الضربة، ودقة الأداء، كما تقلل من التأثير السلبي للتعب العضلي على التحكم الحركي (Vermeulen, Maloney, & Brown, 2023, p. 739–749; Lin, Chen, & Lee, 2021, p. 131–139). ومن ثم، فإن تصميم برامج تدريبية تركز على القوة اللاهوائية الانفجارية يُعتبر استراتيجية فعّالة لتعزيز الأداء الفني والميكانيكي للاعبي الكرة الطائرة.

وعلاوة على ذلك، يُعد التعب العضلي أحد العوامل الأساسية التي تحد من أداء اللاعبين، إذ يؤدي إلى انخفاض القدرة البدنية وضعف التحكم العصبي–العضلي، ما يؤثر سلبًا على الخصائص البيوميكانيكية للحركة ويقلل من دقة الضرب الساحق (De Bleecker, Vanwanseele, & Molik, 2025, p. 112236). وقد أشارت الدراسات العربية إلى أن تدريبات التحمل أو التدريبات القصوى تحت ظروف إجهاد بدني تؤثر على الزوايا الكينماتيكية للحركة، وعلى قدرة اللاعبين في الحفاظ على الاتزان أثناء الضرب الساحق (هيثم صادق وأحمد سبع, ٢٠٢٣ ; p. 112–130, أحمد عبد الحميد عمارة وآخرون, ٢٠٢٣ . (p. 77–95 , وبالتالي، فإن قياس مؤشر التعب يُعد أداة هامة لفهم العلاقة بين الجهد العضلي وجودة الأداء الفني.

ومن هذا المنطلق، يظهر أن تأثير القوة اللاهوائية الانفجارية على مؤشر التعب والخصائص البيوميكانيكية للضرب الساحق يمثل محورًا بالغ الأهمية لتطوير الأداء الرياضي، إذ يسمح بفهم

كيف يمكن للقدرات العضلية المتقدمة أن تقلل من التأثير السلبي للتعب وتحسن من التحكم الحركي أثناء تنفيذ المهارات الهجومية. كما أن ذلك يعكس التطبيق العملي لمفهوم "مفارقة التدريب–الإصابة" الذي أشار إليه Gabbett (2016, p. 273–280) ، حيث يبرز التوازن بين تطوير القدرة البدنية والحفاظ على سلامة اللاعبين كأحد أبرز تحديات التدريب الحديث.

مشكلة البحث:_

تُعَدُّ كرة الطائرة من الألعاب الجماعية الديناميكية التي تتسم بسرعة عالية وتغير مستمر في المواقف التكتيكية، ما يفرض على اللاعب الدمج بين الكفاءة البدنية، المهارية، والتكتيكية في آن واحد. ومن بين المهارات الأساسية المؤثرة في نتائج المباريات، تبرز مهارة الضرب الساحق كأحد أهم وسائل الهجوم الفعالة، التي تعتمد على التوقيت المثالي، القدرة الانفجارية، ودقة توجيه الكرة، وهو ما يتطلب جاهزية بدنية وميكانيكية عالية للحفاظ على استمرارية الأداء بكفاءة (Sheppard & Newton, 2018, p.102).

غير أن الأداء المتكرر لمهارة الضرب الساحق خلال المباريات يؤدي إلى ظهور التعب العضلي والعصبي، الذي يُعد من العوامل الحاسمة في تراجع كفاءة الحركة. فقد أشارت الدراسات إلى أن التعب يؤدي إلى تغييرات في الخصائص البيوميكانيكية مثل زاوية مفصل الكتف، سرعة الذراع، وزمن الطيران، مما يقلل من فعالية الهجوم ويزيد من احتمالية ارتكاب الأخطاء (Markovic et al., 2020, p.58)؛ ومن هنا، Coutts & Reaburn, 2017, p.146). تتضح أهمية دراسة العلاقة بين التعب والخصائص البيوميكانيكية كعامل رئيسي لتحسين الأداء.

في هذا السياق، تظهر تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية كاستراتيجية حديثة تهدف إلى تعزيز القدرة الانفجارية للاعبين وتحسين مقاومتهم للتعب، مع الحفاظ على جودة الخصائص البيوميكانيكية أثناء أداء الضرب الساحق. وقد بينت الدراسات أن إدماج هذه التدريبات في برامج التحضير البدني يسهم في تأخير ظهور التعب، تحسين الأداء المهاري، وتعزيز القدرة على تنفيذ المهارات تحت الضغط (Chelly et al., 2019, p.77)؛ McGuigan et al., 2018, p.133).

وبخبرة الباحثين العملية في متابعة الفرق واللاعبين في البطولات، لوحظ وجود تراجع ملحوظ في كفاءة الضرب الساحق لدى بعض لاعبي الكرة الطائرة في المراحل المتأخرة من المباريات، إذ تتدهور المؤشرات البدنية والبيوميكانيكية مع ازدياد مستويات التعب، وهو ما يؤثر سلبًا على الفعالية الهجومية للفريق. كما لاحظ الباحثان قلة اعتماد المدربين على برامج تدريبية متكاملة تجمع بين تطوير القوة الانفجارية ومقاومة التعب خلال الظروف المشابهة للمباريات الفعلية.

ومراجعة الأدبيات تشير إلى أن معظم الدراسات ركزت على تحليل الخصائص البيوميكانيكية لمهارة الضـــرب الســـاحق أو على تطوير القدرة البدنية العامة، دون وجود محاولات كافية لدمج تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية مع مراقبة تأثير التعب على الأداء البيوميكانيكي في إطار تدريبي موحد. هذا يطرح تســـاؤلات حول مدى قدرة هذه التدريبات على تحســـين جودة الضـــرب الساحق والحفاظ على فعاليته تحت ظروف التعب المتزايد.

وعليه، تنبع مشـــكلة البحث من الحاجة إلى دراســـة علمية دقيقة تقيس تأثير تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية على مؤشر التعب وبعض الخصائص البيوميكانيكية لمهارة الضرب الساحق لدى لاعبي الكرة الطائرة، بهدف تقديم حلول تطبيقية تســـهم في رفع مســـتوى الأداء الفني والوظيفي، وضمان استمرارية الكفاءة المهارية تحت ضغط المنافسة الفعلية.

هدف البحث:_

يهدف هذا البحث إلى : التعرف تأثير تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية على مؤشـــر التعب وبعض الخصائص البيوميكانيكية للضرب الساحق لدى لاعبي الكرة الطائرة.

فروض البحث :_

١. توجد فروق دالة إحصـــائيًا بين متوســـط درجات القياســـين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في متغير مؤشر التعب، لصالح القياس البعدي.
٢. توجد فروق دالة إحصـــائيًا بين متوســـط درجات القياســـين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في المتغيرات البيوميكانيكية، لصالح القياس البعدي.
٣. توجد فروق دالة إحصـــائيًا بين متوســـط درجات القياســـين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في المتغيرات البيوميكانيكية للقوة لأداء مهارة الضـــرب الســـاحق في الكرة الطائرة، لصالح القياس البعدي.
٤. توجد علاقة دالة إحصـــائيًا بين تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية و مؤشـــر التعب على جودة الخصائص البيوميكانيكية للضرب الساحق.

بعض المصطلحات الواردة بالبحث:_

تم تحديدها في ضـــوء ما ورد من تعريفات متعددة بالدراســـات الســـابقة، وبعض أدبيات التربية، ويمكن بيانها على النحو التالي:_

١. **تدريبات التحمل النوعي:(Specific Endurance Training)** ويقصد بها مجموعة من التمارين التدريبية المخططة التي تهدف إلى تطوير قدرة اللاعب على أداء مهارة الضـــرب الســـاحق بكفاءة عالية تحت ظروف التعب والإجهاد البدني، مع التركيز على

الخصـــائص الفيزيولوجية والميكانيكية المرتبطة بالمهارة. وهي تدريبات تراعي طبيعة المهارة المستهدفة، وتُنفذ بشدة متدرجة وزمن مناسب لمحاكاة ظروف الأداء التنافسي الحقيقي (عبد الفتاح، ٢٠١٦، ص١٠٩).

٢. **مؤشـر التعب:(Fatigue Index)** هو مقياس للتغيرات الفسيولوجية والبيوميكانيكية التي تطرأ على أداء اللاعب نتيجة التعرض للجهد البدني المتكرر، ويُستخدم في هذا البحث لقياس مدى تأثر جودة الأداء المهاري لمهارة الضرب الساحق بعد تنفيذ تدريبات مجهدة، وذلك من خلال مؤشرات مثل زمن الأداء، تغير زوايا المفاصل، وقوة الدفع الأرضي.(Raeder et al., 2015, p. 91)

٣. **الخصـائص البيوميكانيكية:(Biomechanical Characteristics)** تشير إلى الصفات الكمية والحركية المرتبطة بالأداء المهاري، والتي تشمل زوايا مفاصل الكتف، المرفق، والمعصم، السرعة الزاوية، القوة الناتجة، المسار الحركي، وزمن الأداء. وتُستخدم هذه الخصائص في تحليل كفاءة الأداء وتحديد تأثير التعب على النمط الحركي لمهارة الضرب الساحق.(Zatsiorsky, 2002, p.124)

٤. **الضـرب الساحق:(Spiking or Smash)** هي مهارة هجومية رئيسية في الكرة الطائرة، يقوم خلالها اللاعب بالقفز وضرب الكرة بقوة وبزاوية محددة بهدف إدخالها إلى ملعب الفريق المنافس بطريقة يصعب صدها. وتتطلب هذه المهارة تنسيقًا عضليًا عاليًا، توقيتًا دقيقًا، وقوة انفجارية أثناء القفز والضرب (الطائي، ٢٠٢٠، ص٥٧).

اجراءات البحث:_

منهج البحث:_

استخدم الباحثان المنهج شبه التجريبي لدراسة أثر تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية على مؤشر التعب وبعض الخصائص البيوميكانيكية لمهارة الضرب الساحق لدى لاعبي الكرة الطائرة، حيث تم تطبيق برنامج تدريبي محدد على مجموعة تجريبية وقياس الأداء قبل وبعد البرنامج لتحديد الفروق الناتجة. كما تم توظيف المنهج الوصفي التحليلي لتحليل الخصائص البيوميكانيكية للمهارة، من خلال جمع بيانات دقيقة حول سرعة الاقتراب، مسافة الوثبة الأخيرة، زوايا الركبة والذراع أثناء الدفع، وزوايا الطيران، وارتفاع مركز الكتلة، والسرعة المحيطية للذراع باستخدام أجهزة القياس البيوميكانيكية الحديثة. وبعد جمع البيانات، تم إجراء التحليل الإحصائي لتحديد متوسط القيم، الانحراف المعياري، الفروق بين القياسات القبلية والبعدية، وعلاقة التعب بالأداء

البيوميكانيكي، بهدف استخلاص استنتاجات علمية دقيقة تدعم تطوير برامج تدريبية متخصصة لتحسين جودة الأداء تحت ظروف اللعب الفعلي.

مجتمع البحث:_

تمثل مجتمع البحث لاعبو كرة الطائرة المسجلون رسميًا في الأندية المصرية ضمن الفئة السنية تحت ١٨ سنة، حيث بلغ عددهم الإجمالي 20لاعبًا .وقد تم اختيار اللاعبين المتخصصين في المركز الرابع (Position 4 – Outside Hitter / Left Side Spiker) نظرًا لأهمية هذا المركز في أداء مهارة الضرب الساحق(Spike) ، ودوره الحاسم في تحقيق النقاط والضغط على الفريق المنافس.

ويتميز هذا المركز باعتماده الكبير على القدرات العضلية اللاهوائية الانفجارية، التحمل النوعي، والدقة البيوميكانيكية في تنفيذ الضربة الساحقة، مما يجعله الأنسب لتطبيق البرنامج التدريبي موضوع الدراسة خلال الموسم الرياضي ٢٠٢٤/٢٠٢٥.

عينة البحث:_

قام الباحثان باختيار عينة عمدية من لاعبي الكرة الطائرة الناشئين (تحت ١٨ سنة) ممن يشغلون المركز (الرابع – Position 4) الضارب الخارجي الأيسر، باعتبار أن هذا المركز من أكثر المراكز التي تعتمد على الأداء المتكرر لمهارة الضرب الساحق خلال مجريات اللعب.

وقد تكوّنت عينة البحث من:

- **العينة الأساسية :(Basic Sample)** وعددها **١٠ لاعبين ناشئين** يمثلون المجموعة التجريبية التي طُبّق عليها البرنامج التدريبي المقترح ، وأجريت لهم الاختبارات القبلية والبعدية.
- **العينة الاستطلاعية :(Exploratory Sample)** وعددها **5لاعبين ناشئين**، وقد استخدمت لإجراء التجربة الاستطلاعية الأولية بهدف التحقق من صلاحية الأدوات المستخدمة (الاختبارات، الأجهزة، ظروف التطبيق)، دون أن تدخل نتائجها في التحليل الإحصائي النهائي.

أسباب اختيار عينة البحث:_

تم اختيار عينة البحث بعناية لتتناسب مع طبيعة وأهداف الدراسة التي تهدف إلى قياس تأثير تدريبات التحمل النوعي على مؤشر التعب والخصائص البيوميكانيكية لمهارة الضرب الساحق لدى لاعبي الكرة الطائرة. وقد استند اختيار العينة إلى عدة أسباب موضوعية، منها:

١. **التخصص في المركز الرابع:(Position 4)** حيث يعد هذا المركز هو الأكثر ارتباطًا بأداء مهارة الضرب الساحق بشكل متكرر وحاسم خلال المباريات، وبالتالي فهو الأكثر تأثرًا بعوامل التعب والتحمل.

٢. **توفر الخصائص البدنية والفنية المطلوبة:** اشتملت العينة على لاعبين تتوفر فيهم شروط العمر ، الطول، الوزن، وعدد سنوات الخبرة اللازمة التي تؤهلهم لتنفيذ التدريبات المقترحة بشكل فعال، ولضمان تجانس العينة لتقليل تأثير المتغيرات الخارجية.

٣. **إمكانية المتابعة والتطبيق:** تم اختيار العينة من لاعبين منتظمين في التدريبات والمباريات الرسمية، مما يسهل تطبيق البرنامج التدريبي عليهم، والمتابعة الدقيقة للمتغيرات قبل وبعد التطبيق.

٤. **حجم العينة المناسب لإجراء التحليل الإحصائي:** تم اختيار حجم العينة (١٠ لاعبين للعينة الأساسية و٥ لاعبين للدراسة الاستطلاعية) بناءً على توصيات الدراسات السابقة في مجالات التدريب الرياضي والبيوميكانيكا، حيث يوفر هذا الحجم توازنًا جيدًا بين إمكانية التطبيق وموثوقية النتائج.

التوصيف الاحصائي لعينة البحث:ـ

حرص الباحثان قبل البدء في التطبيق الأساسي للبرنامج التدريبي على جمع بيانات دقيقة حول الخصائص الأساسية لأفراد العينة الأساسية البالغ عددهم **(١٠) لاعبين ناشئين**، وذلك للتأكد من تجانسهم وملاءمتهم لأهداف الدراسة، حيث شملت الخصائص :**العمر، الطول، الوزن، والعمر التدريبي.**

كما تم جمع هذه البيانات من خلال الاستمارات الشخصية، وملفات اللاعبين الرسمية في الأندية، بالإضافة إلى قياسات ميدانية مباشرة للطول والوزن باستخدام أجهزة معتمدة. ويوضح الجدول التالي متوسطات هذه الخصائص.

جدول (١): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري ومعامل الالتواء لمتغيرات معدلات النمو والعمر التدريبي

(ن = ١٠)

م	المتغير		الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الالتواء (Skewness)
1	العمر	(بالسنوات)	16.8	± 0.45	0.12
2	الطول	(بالسنتيمتر)	181.6	± 3.72	-0.08
3	الوزن	(بالكيلوغرام)	71.2	± 4.20	0.15
4	العمر التدريبي	(بالسنوات)	4.6	± 0.55	0.05

يتضح من بيانات جدول (١) أن معاملات الالتواء لمجتمع البحث في متغيرات معدلات النمو والعمر التدريبي "قيد البحث" قد انحصرت ما بين (±٣) مما يشير إلي اعتدالية التوزيع للعينة "قيد البحث".

جدول (٢): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري ومعامل الالتواء لمتغير مؤشر التعب "قيد البحث"

(ن = ١٠)

م	المتغير	وحدة القياس	المتوسط	الانحراف المعياري	معامل الالتواء
١.	مؤشر التعب	واط/ثانية	6.37	0.25	0.039

يتضح من بيانات جدول (٢) أن معاملات الالتواء لمجتمع البحث في متغير مؤشر التعب "قيد البحث" قد انحصرت ما بين (±٣) مما يشير إلي اعتدالية التوزيع للعينة "قيد البحث".

جدول (٣): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري ومعامل الالتواء للمتغيرات البيوميكانيكية "قيد البحث"

(ن = ١٠)

م	المتغير	وحدة القياس	المتوسط	الانحراف المعياري	معامل الالتواء
١.	سرعة الاقتراب	م/ ثانية	5.14	0.03	0.006
٢.	مسافة الوثبة الأخيرة	متر	1.78	0.02	0.011
٣.	زاوية الركبة لحظة الامتصاص	درجة	119.0	1.3	0.011
٤.	زاوية الدفع	درجة	54.5	0.1	0.002
٥.	سرعة الطيران	م/ثا	4.12	0.03	0.007
٦.	زاوية الطيران	درجة	68.0	1.3	0.019
٧.	ارتفاع مركز كتلة الجسم	متر	0.78	0.02	0.026
٨.	السرعة المحيطية للذراع الضاربة	م/ ثانية	15.2	0.3	0.020
٩.	الشغل أثناء الدفع	جول	210	4.5	0.021
١٠.	الشغل العمودي	جول	135	3.2	0.024

يتضح من بيانات جدول (٣) أن معاملات الالتواء لمجتمع البحث في المتغيرات البيوميكانيكية "قيد البحث" قد انحصرت ما بين (±٣) مما يشير إلي اعتدالية التوزيع للعينة "قيد البحث".

جدول (٤): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري ومعامل الالتواء المتغيرات البيوميكانيكية للقوة عند أداء مهارة الضرب الساحق "قيد البحث"

(ن = ١٠)

م	المتغير	وحدة القياس	المتوسط	الانحراف المعياري	معامل الالتواء
١.	القوة لحظة التماس	نيوتن	2460	30	0.012
٢.	زمن قـــوة التماس	ثانية	0.132	0.006	0.045
٣.	قـــوة الامتصاص	نيوتن	1780	17	0.010
٤.	زمن قوة الامتصاص	ثانية	0.162	0.006	0.037
٥.	أقصـــــى قوة	نيوتن	2960	24	0.008
٦.	زمن أقصى قوة	ثانية	0.252	0.006	0.024

يتضـــح من بيانـات جدول (٤) أن معـاملات الالتواء لمجتمع البحث في المتغيرات البيوميكانيكية عند أداء مهارة الضـرب السـاحق "قيد البحث" قد انحصـرت ما بين (±٣) مما يشير إلي اعتدالية التوزيع للعينة "قيد البحث".

أدوات البحث والاختبارات المستخدمة:ـ

في ضـــوء طبيعة الدراســة وأهدافها، اعتمد الباحثان على مجموعة متكاملة من الوســائل المنهجية والأدوات التقنية والقياسات العلمية لجمع البيانات وتحليل الأداء الحركي والمهاري لمهارة الضـرب السـاحق القطري في الكرة الطائرة، بما يضـمن تحقيق أعلى درجات الدقة والموثوقية في النتائج. وقد توزعت هذه الوسائل والأدوات على النحو الآتي:

أولًا ـ وسائل وأدوات جمع البيانات:ـ

تم اســتخدام عدة وســائل للحصـــول على معلومات دقيقة وموثقة تتعلق بجوانب البحث النظرية والتطبيقية. شـملت هذه الوسـائل الرجوع إلى **المراجع العلمية** المتخصـصـة بالكرة الطائرة والبيوميكانيك وعلم التدريب الرياضـي، سـواء كانت عربية أو أجنبية، لتوفير إطار نظري رصـين يدعم الدراسـة. كما أجرى الباحثان **مقابلات شـخصـية مباشـرة** مع نخبة من الأسـاتذة والخبراء في هذه المجالات، بهدف مناقشـة واختبار صـلاحية الأدوات المسـتخدمة وتوجيه الجوانب التطبيقية للبحث.

بالإضـافة إلى ذلك، استخدم الباحثان أسلوب **الملاحظة المنظمة**، مدعومًا بالتحليل الكمي والنوعي للأداء، لرصد مظاهر الحركة وتحليل مكوناتها الحركية بدقة. واعتمد أيضًا على مجموعة من **البرمجيات والتطبيقات الحاســـوبية**، برنامجTrack Path ، لتحليل الحركة البيوميكانيكية واشـتقاق المتغيرات الديناميكية والكينيتيكية ذات العلاقة. كما اسـتعان بشـبكة المعلومات الدولية

(الإنترنت) كمصدر مرجعي حديث يدعم الجوانب النظرية والإجرائية للبحث، ويسهم في الاطلاع على أحدث التطورات ذات الصلة بموضوع الدراسة.

ثانيًا_ الأدوات والأجهزة المستخدمة:_

استُخدمت مجموعة من الأدوات والأجهزة العلمية التي تتناسب مع طبيعة المهارات المطلوب تحليلها. وقد شملت هذه الأدوات:

- **ميزان طبي من نوع (Ketecto) أمريكي الصنع_** لقياس كتلة الجسم بدقة.
- **شريط قياس مرن بطول ١.٥٠ متر** لإجراء القياسات الجسمية المختلفة.
- **ثلاث كاميرات تصوير فيديو رقمية (يابانية الصنع)**، تضمنت:
  - كاميرا عالية السرعة بدقة (٣٠٠ صورة/ثانية) لتحليل الحركات الدقيقة.
  - كاميرتين بدقة (٢٥ صورة/ثانية)، إحداهما لتحليل الحركة بتقنية Video Capture، والأخرى لتوثيق الأداء الميداني.

كما تم دعم التحليل باستخدام **برامج حاسوبية متخصصة** لتحليل الصور والفيديو، واستخراج البيانات البيوميكانيكية بدقة، بالإضافة إلى برامج إحصائية لتحليل النتائج مثل SPSS.

ثالثًا_ الاختبارات والقياسات:_

اعتمد الباحثان على مجموعة من الاختبارات والمقاييس التي تلائم طبيعة البحث ومتغيراته، وذلك على النحو التالي:

١. **القياسات الجسمية (الأنثروبومترية):** أُجريت لقياس طول الجسم، وطول الرجل، وطول الجذع، وطول الذراع الضاربة، إلى جانب قياس كتلة الجسم. وتم تنفيذ هذه القياسات باستخدام شريط القياس والميزان الطبي وفق الإجراءات القياسية المتبعة في الدراسات المماثلة.

٢. **اختبار الجهد اللاهوائي:(RAST Test)** استخدم لقياس القدرة اللاهوائية ومؤشر التعب، حيث تضمن ست محاولات جري لمسافة ٣٥ مترًا، تفصل بينها فترات راحة مقدارها ١٠ ثوانٍ. تم حساب مؤشر التعب باستخدام معادلة الفرق بين أعلى وأقل قدرة مقسومًا على مجموع الأزمنة، كما تم احتساب القدرة باستخدام معادلة تعتمد على الكتلة والمسافة والزمن.

٣. **اختبار دقة الضرب الساحق القطري:** صُمم هذا الاختبار لقياس دقة التصويب نحو مناطق محددة داخل ملعب الكرة الطائرة، باستخدام شريط لاصق لتقسيم مناطق

التصويب، وعدد (٥) كرات، حيث يؤدي اللاعب خمس محاولات مع ضرورة وجود إعداد جيد قبل كل محاولة، وتُحسب الدرجات حسب موقع سقوط الكرة.

٤. **القياسات البيوميكانيكية لمهارة الضرب الساحق:** شملت هذه القياسات متغيرات حركية مثل سرعة الاقتراب، ومسافة الوثبة الأخيرة، وزاوية مفصل الركبة أثناء الثني، وزاوية الدفع، وسرعة الطيران، وزاوية الطيران، وارتفاع مركز كتلة الجسم، بالإضافة إلى السرعة المحيطية للذراع الضاربة، والشغل الكلي والعمودي.

٥. كما تضمنت متغيرات بيوميكانيكية : أقصى قوة لحظة التماس، زمن الوصول لأقصى قوة، أدنى قوة في مرحلة الامتصاص، الزمن اللازم لبلوغ أقصى قوة، وزمن النهوض.

ثالثًا_ البرامج المستخدمة:_

١. برنامج التحليل الحركي(Kinovea 0.8.24) :_

استخدم الباحثان برنامج التحليل الحركي (Kinovea,0.8.24) ، وهو من البرامج المتخصصة في التحليل الحركي الذي يتميز بسهولة الاستخدام وفعالية عالية في مجالي التحليل الكمي والنوعي للحركة. يُعد هذا البرنامج أداة مناسبة لتحليل الأداء الحركي في الدراسات الرياضية، حيث يتيح استخراج وتوثيق المتغيرات الحركية بدقة.

بعد تثبيت البرنامج على جهاز الحاسوب، يمكن الوصول إليه من قائمة البرامج، حيث تظهر واجهة مستخدم بديهية تضم العديد من الخيارات التي تمكّن المستخدم من اختيار الأدوات والوظائف المناسبة لتحليل البيانات الحركية المطلوبة في البحث. يوفر Kinovea إمكانيات متقدمة مثل التتبع الإطاري للحركة، قياس الزوايا، السرعات، والزمن، مما يسهل عملية التقييم والتحليل بشكل دقيق وموثوق.

٢. برنامج التحليل الحركي (Logger Pro ٣.١٠.١):_

استخدم الباحثان برنامج (Logger Pro 3.10.1) من شركة (Lappo Vernier) لتسجيل وتحليل قيم منحنى القوة مقابل الزمن. بعد تثبيت البرنامج على جهازي لابتوب من نوع (Dell Core i5) و(Lenovo Core i5)، تم ربط الأجهزة بمنصة القياس عبر منفذ (USB)، حيث تظهر واجهة البرنامج الرئيسية .

يوفر البرنامج مجموعة واسعة من الخيارات الأساسية التي تسهل عملية التسجيل والتحليل، حيث يُمكن للمستخدم معايرة الحساسات الأربعة المثبتة داخل المنصة، بحيث يتم

ضبط قراءاتها لتصبح صفر نيوتن قبل بدء كل محاولة جديدة، مما يضمن دقة وموثوقية القياسات.

يُستخدم البرنامج في كل من التحليل الكمي، من خلال قياس وتسجيل القيم الرقمية بدقة، والتحليل النوعي والتعليمي، حيث يُمكن عرض البيانات وتحليلها بصريًا لتعزيز فهم الأداء الحركي وتحسينه.

٣. برنامج معالجة الإشارات والتطبيقات(Sigview v2.8.0) :_

استخدم الباحثان برنامج (Sigview) الإصدار ٢.٨.٠، وهو منتج من شركة (Signal Lab)، لتحليل بيانات منحنى القوة مقابل الزمن. يتميز البرنامج بتعدد استخداماته واحتوائه على مجموعة واسعة من أدوات التحليل الإشاري، بالإضافة إلى وظائف إحصائية متقدمة تدعم دقة معالجة البيانات وتحليلها.

تبدأ خطوات العمل بنقل القيم المقاسة من الحساسات الأربعة للمنصة إلى برنامج (Logger Pro)، ثم تصدير هذه البيانات على شكل ملفات نصية (Text) يتم تحويلها بعد ذلك إلى صيغة (Microsoft Excel) لاستخدامها في برنامج .Sigview عند فتح واجهة البرنامج تظهر أدوات متعددة تتيح تحليل الإشارات بشكل مفصل ودقيق، مما يسهل استخراج النتائج البيانية والإحصائية الضرورية لدراسة المتغيرات المدروسة.

٤. استخدام تصوير الفيديوي لتحليل المتغيرات البيوميكانيكية:_

للتعرف على المتغيرات البيوميكانيكية المؤثرة في أداء الضرب الساحق العالي (الأمامي) القطري، واعتمادًا على صيغة علمية دقيقة لدراسة قيم هذه المتغيرات، اعتمد الباحثان على تقنية التصوير الفيديوي كأداة رئيسية في التحليل.

يُعد التصوير الفيديوي من الوسائل الفعالة في اكتشاف الأخطاء التقنية وتصحيحها، وكذلك في تقييم مدى تقارب أو تباعد مستويات الأداء الفني بين اللاعبين. ومن خلال تتبع مسارات نقاط محددة على الجسم، يستطيع الباحثان وصف الحركة وتحليلها بدقة، مما يسمح بتحديد المسار الهندسي للجسم عبر استخدام مقياس الرسم.

تم تصوير عينة البحث باستخدام كاميرا من نوع (Casio Exilim) ذات سرعة تسجيل عالية تصل إلى ١٢٠٠ إطار في الثانية، وتم اختيار سرعة تصوير فعلية مقدارها ٣٠٠ إطار في الثانية لضمان دقة التقاط الحركة. وقد تم تثبيت الكاميرا على حامل ثلاثي القوائم (Tripod) بارتفاع ١.٣٥ متر عن الأرض وعلى بعد ٩.٤٠ متر من موقع التنفيذ داخل القاعة المغلقة للألعاب الرياضية بجامعة ذي قار.

ولزيادة دقة تتبع الحركة، قام الباحثان بوضع علامات فسفورية على المفاصل التشريحية الرئيسية للاعبين، وهي (الركبة، الورك، المرفق، الكتف، الرسغ)، مما سهل عملية تحديد هذه النقاط عند نقل الفيديو وتحليل الحركة، عبر توصيل الخطوط بين هذه العلامات.

من خلال هذه الإجراءات، تمكن الباحثان من استخراج البيانات المتعلقة بالمتغيرات البيوميكانيكية وتحليلها بشكل علمي دقيق، لتحقيق أهداف الدراسة المتعلقة بتقييم وتحسين أداء مهارة الضرب الساحق.

٥. منصة قياس القوة المحصلة:_

استخدم الباحثان **منصة قياس القوة المحصلة** سويدية الصنع من شركة (*Vernier–Lappro*)، والتي تتميز بدقة عالية في رصد المؤشرات البيوميكانيكية المرتبطة بمراحل الأداء الحركي. جاءت أبعاد المنصة على النحو الآتي :**الطول (١٢٠ سم)، العرض (٨٨ سم)، الارتفاع (٨ سم)**، وتتكوّن من جزأين (أيمن وأيسر)، يحتوي كل جزء على مجسين لقياس القوة، حيث يحمل الجزء الأيمن الرقم (٢١) بينما يحمل الجزء الأيسر الرقمين.(43)

وقد تم تصميم المنصة لرصد القوة المحصلة المؤثرة من قدم اللاعب أثناء مرحلة التماس الأرضي بعد الخطوة الأخيرة مباشرة، مرورًا بمرحلة التحضير للنهوض، وانتهاءً بالقفز لتنفيذ الضرب الساحق من أعلى نقطة ممكنة والاصطدام بالأرض .وتُستخدم المنصة لقياس العلاقة بين القوة والزمن بدقة زمنية عالية، مما يُتيح تحليل منحنى الأداء الحركي.

تم ربط المنصة بجهاز حاسوب محمول من نوع Lenovo Core i5وآخر من نوع Dell Core i5عبر البرنامج المخصص لتحليل البيانات، حيث تم تحويل القراءات إلى درجات خام باستخدام برنامج المنصة، ثم تصديرها إلى برنامج Microsoft Excelلإجراء المعالجات الإحصائية المطلوبة.

وضعت المنصة فوق لوح خشبي صُمم محليًا وفق مواصفات خاصة لضمان الاستقرار والدقة أثناء التسجيل، وكان يبعد عن جهاز الحاسوب بمسافة تقدّر بـ 3.50متر.

تم تثبيت منصة القوة على لوح خشبي صُمم خصيصًا محليًا بأبعاد 25)مترًا طولًا × ٧ سم ارتفاعًا(، بحيث وُضعت المنصة في منتصف الجزء الأمامي من اللوح، وتحديدًا على بُعد 1متر من خط منتصف الملعب، و 50سم من الخط الجانبي .وقد وُجّهت المنصة بزاوية 50درجة مائلة نحو داخل الملعب من جهة المنطقة(4) ، بما يتوافق مع اتجاه الضرب الساحق القطري.

وبما أن المهارة "قيد البحث" هي مهارة الضـرب السـاحق القطري من مركز (4) ، فقد حرص الباحثان على ضـــبط اتجاه المنصـــة بدقة ليتوافق مع زاوية الأداء الحركي للمهارة. ولتحقيق ذلك، استخدم شريط قياس جلدي تم وضع بدايته عند ركن الملعب المقابل لمناطق الدقة، وامتدّ بشكل مائل إلى مركز المنصة بحيث يتقاطع عموديًا مع مناطق الدقة في الجهة المقابلة، مما ساعد في تحديد الزاوية المثلى للمسار الحركي للضرب الساحق القطري. وقد ثبت أن هذا التوجيه يمثل الوضـــع الأنســـب للاعبين، حيث يوفر محاذاة دقيقة مع الاتجاه الفعلي لأداء الضرب الساحق القطري في مختلف مناطق الملعب.

التجارب الاستطلاعيـــــة:ـ

في ضوء أهمية الإعداد الجيد للدراسات التطبيقية التي تعتمد على القياسات البيوميكانيكية والبدنية، قام الباحثان بإجراء **سلسلة من التجارب الاستطلاعية** بهدف التحقق من كفاءة الأدوات البحثية، وضـبط الإجراءات الميدانية، وضـمان جاهزية الفريق المسـاعد، بالإضـافة إلى تحديد الجوانب الفنية التي قد تؤثر في جودة البيانات ودقة النتائج.

التجربة الاستطلاعية الأولى:ـ

قام الباحثان باجراء التجربة الاســتطلاعية الأولى بتاريخ ٢٠ نوفمبر ٢٠٢٤م.على عينة مكونة من عدد (٥) أفراد من نفس الفئة العمرية والمهارية التي تنتمي إليها العينة الأساسية، مع التأكيد على أن هؤلاء الأفراد لم يُدرجوا ضـــمن العينة النهائية. هدفت هذه التجربة إلى فحص ملاءمة الأدوات والأجهزة المستخدمة، وعلى رأسها كاميرات التصوير عالية السرعة (High-Speed Cameras)، وبرنامج التحليل الحركي (Dartfish – Kinovea)، بالإضـــافة إلى أدوات القياس البدني مثل جهاز قياس ســرعة الاقتراب، وحواجز تحديد مســافة الوثب، وجهاز قياس زاوية المفصـــل .(Goniometer) تم خلال هذه التجربة تحديد المواقع المناســبة لتثبيت الكاميرات بما يضمن تغطية الزوايا الحركية الأساسية، وضبط الإضاءة لتحقيق وضوح بصري دقيق أثناء تسجيل الأداء، إلى جانب التأكد من عمل الأجهزة وفق المواصفات الفنية المطلوبة.

التجربة الاستطلاعية الثانية:ـ

نُفذت التجربة الاستطلاعية الثانية بعد مرور أسبوع الثانية بعد مرور أسبوع، بتاريخ ٢٧ نوفمبر ٢٠٢٤م.، وركزت بشـكل أكبر على اختبار الصـدق والثبات لأدوات القياس، من خلال إعادة تنفيذ بعض القياســات البيوميكانيكية لذات العينة في ظروف مماثلة، ومن ثم حســاب معاملات الثبات ومقارنة النتائج للتأكد من عدم وجود فروق جوهرية تعود إلى العشــوائية أو الأخطاء الفنية. كما شملت هذه التجربة تدريب الطاقم المساعد على المهام المطلوبة، مثل إعداد

الأدوات، تشـــغيل الأجهزة، مراقبة الأداء الحركي، تســـجيل البيانات، والتعامل مع برامج التحليل الحركي. وأظهرت النتائج الأولية أن أدوات القياس تمتاز بدرجة عالية من الاتســـاق، كما أبدى الفريق المساعد درجة مقبولة من الكفاءة في تنفيذ المهام المطلوبة.

وقد ســـاهمت هذه التجارب الاســـتطلاعية في الكشـــف عن بعض الملاحظات الفنية والإجرائية، مثل الحاجة إلى تعديل ارتفاع الكاميرا للحصـــول على زاوية تصـــوير أفضـــل لمرحلة الدفع في مهارة الضـــرب الســـاحق، وتعديل زمن الإحماء المقترح لتحقيق حالة اســـتثارة بدنية أكثر توازنًا قبل تنفيذ المهارة. وبناءً عليه، قام الباحثان بإجراء التعديلات اللازمة في خطة التنفيذ الميداني للتجربة الأســـاســـية، مما انعكس إيجابًا على جودة الأداء البحثي ودقة النتائج المتوقعة، وضمن تنفيذًا منهجيًا منضبطًا يعتمد على إجراءات مسبقة ومدروسة بدقة.

المعاملات العلمية للمتغيرات "قيد البحث":_

قام الباحثان بالتأكد من الصـــلاحية العلمية (الصـــدق والثبات) للمتغيرات "قيد البحث"، قبل تطبيق البرنامج التعليمي على النحو التالي:_

اختبار الجهد اللاهوائي مؤشر "التعب":_ مرفق (١-٢)

قام الباحثان بحســـاب المعاملات العلمية لاختبار الجهد اللاهوائي مؤشـــر "التعب" خلال الفترة من يوم الأحد الموافق ١٣ يوليو ٢٠٢٤م إلى يوم الأحد الموافق ٢٠ يوليو ٢٠٢٤م، وذلك بهدف التحقق من خصـــائصـــه الســـيكومترية من حيث الصـــدق والثبات قبل تطبيقه على العينة الأساسية للبحث، وتم ذلك وفق الآتي:

أولا_ صدق الاختبار:

تم التحقق من الصـــدق الظاهري لمؤشـــر التعب المســـتخدم في قياس القدرة اللاهوائية وتأثير التعب العضـــلي من خلال اســـتعراض الأدبيات العلمية المختصـــة، حيث تبين أن مؤشـــر التعب، المحســـوب عبر الفرق بين أعلى وأدنى قدرة مقســـومًا على مجموع الأزمان خلال اختبار الجهد اللاهوائي(RAST Test) ، هو مؤشر معتمد وموثوق به في الدراسات السابقة ذات الصلة بالتدريب الرياضي وتحليل الأداء.

وبذلك، يمكن اعتبار مؤشر التعب أداة ذات صدق ظاهري عالي، مناسب للاستخدام في القياســـات البيوميكانيكية التي تهدف إلى تقييم أداء اللاعبين في مهارات الكرة الطائرة، ولا ســـيما في قياس تأثير التعب على جودة أداء الضرب الساحق.

ثانيا_ ثبات الاختبار:

قام الباحثان بحساب معامل الثبات عن طريق تطبيق الاختبار وإعادة تطبيقه على تلاميذ العينة الاستطلاعية، والبالغ قوامها (٥) لاعبين ناشئين، بفارق زمني قدرة أسبوع وبنفس ظروف التطبيق الأول، وإيجاد معامل الارتباط بين التطبيقين، كما يتضح من جدول (٥)

جدول (٥): قيم معاملات الارتباط بين (التطبيق الأول / التطبيق الثاني) في اختبار مؤشر التعب" الجهد اللاهوائي"

(ن = ٥)

المتغيرات	وحدة القياس	التطبيق الأول		التطبيق الثاني		قيمة " ر "	مستوى الدلال p
		س	+ع	س	+ع		
(مؤشر) التعب	واط/ثانية	6.3	± 0.8	7.1	± 0.9	0.88	0.015

***قيمة " ر " الجدولية عند مستوى معنوية ٠,٥ ودرجة حرية ١٤=٠.٤٨٧**

يتضح من بيانات جدول (٥) ان قيم معاملات الارتباط بين نتائج التطبيق الأول والتطبيق الثاني لاختبار الجهد اللاهوائي، حيث تم قياس متغير مؤشر التعب بوحدة واط/ثانية. تظهر النتائج أن متوسط مؤشر التعب في التطبيق الأول بلغ ٦.٣ واط/ثانية مع انحراف معياري مقداره ٠.٨، بينما في التطبيق الثاني بلغ المتوسط ٧.١ واط/ثانية مع انحراف معياري ٠.٩. وتبين أن معامل الارتباط بين التطبيقين كان مرتفعًا حيث بلغ ٠.٨٨، مما يشير إلى وجود اتساق وثبات كبير في القياسات بين التطبيقين. كما أن مستوى الدلالة الإحصائية (p=0.015) يؤكد أن هذا الارتباط ذو دلالة معنوية، مما يعزز من مصداقية الاختبار وموثوقيته في قياس التعب اللاهوائي لدى أفراد العينة. بناءً على هذه النتائج، يمكن الاعتماد على اختبار الجهد اللاهوائي كأداة دقيقة ومستقرة لتقييم التعب العضلي في الأبحاث ذات الصلة.

البرنامج التدريبي المقترح :_ مرفق (٣-٤-٥)

أولاً: أهداف البرنامج

تطوير أداء لاعبي الكرة الطائرة من خلال **برنامج تدريبي يستهدف تحسين متغيرات القوة اللاهوائية الانفجارية، مؤشر التعب، والخصائص البيوميكانيكية لمهارة الضرب الساحق**، بحيث يسهم في:

١. **خفض مؤشر التعب (Fatigue Index):** تحسين القدرة على الحفاظ على جودة الأداء الفني أثناء الإجهاد البدني وتقليل تأثير التعب العضلي على الضرب الساحق.

٢. **تعزيز المتغيرات البيوميكانيكية العامة** :زيادة كفاءة الحركة، التحكم الحركي، وزوايا المفاصل أثناء أداء المهارات الأساسية في اللعبة.

٣. **تطوير المتغيرات البيوميكانيكية للقوة الخاصة بالضرب الساحق** :رفع القوة لحظة التماس، قوة الامتصاص، أقصى قوة، وتقليل أزمنة القوة، بما يعزز القدرة على توليد القوة بسرعة ودقة أثناء الضربة.

٤. **تعزيز العلاقة بين القوة الانفجارية ومؤشر التعب على جودة الأداء البيوميكانيكي للضرب الساحق** :زيادة القدرة على تطبيق القوة بكفاءة حتى تحت تأثير التعب العضلي، بما يرفع من فعالية الضرب الساحق ويقلل من فقدان الأداء خلال المباريات.

ثانيًا: أسس بناء البرنامج

١. **المبدأ التدريبي** :تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية مع محاكاة الأداء الفعلي للضرب الساحق.(Specificity)

٢. **التدرج** :زيادة الحمل التدريبي تدريجيًا كل أسبوعين من حيث الشدة والكثافة.

٣. **التنوع** :دمج تدريبات التحمل النوعي، القوة، والانفجارية لضمان شمولية التأثير على المتغيرات البيوميكانيكية ومؤشر التعب.

٤. **المراقبة** :قياس الأداء قبل وبعد كل أسبوعين لمتابعة التقدم (زمن الضربة، ارتفاع القفز، القوة القصوى).

٥. **الراحة** :مراعاة فترات الراحة بين التمارين وفقًا للشدة لتقليل تراكم التعب مع الحفاظ على جودة الأداء.

ثالثًا: مكونات البرنامج التدريبي المقترح

جدول (٦): مكونات البرنامج التدريبي المقترح

المرحلة	المدة	محتوى التدريب	الشدة/الكثافة	الهدف
الإحماء الديناميكي	20 دقيقة	-جري خفيف ٥ دقائق -تمارين إطالة ديناميكية (Squats, Lunges, Arm Swings) -تمارين تنشيط الأعصاب والعضلات (Plyometric low jumps, Skipping)	50-60% HRmax	رفع درجة حرارة الجسم، تنشيط العضلات الرئيسية، تحضير الجسم للأداء الانفجاري

تدريبات القوة الأساسية	25 دقيقة	-القرفصاء مع القفز (Jump Squats) 3×8 -الدفع الأرضي مع الكرة الطبية (Medicine Ball Chest Throw) 3×10 -الاندفاع المتفجر (Explosive Lunges) 3×8لكل قدم	70–80% 1RM، استراحة ٩٠–١٢٠ ث	تطوير القوة الانفجارية للأطراف السفلى والعليا، تحسين القوة لحظة التماس
تدريبات القوة الخاصة بالضرب الساحق	25 دقيقة	-القفز مع الضرب على الكرة (Spike Jump Drill) 4×10 -تسديد الكرة على الحائط أو زميل مع مراعاة سرعة الضربة ٣×١٥ - Plyometric push-ups 3×12	75–85%قدرة قصوى، استراحة ٩٠ ث	تحسين الكفاءة البيوميكانيكية للضرب، زيادة سرعة الذراع وزوايا الدفع
تدريبات التحمل النوعي تحت إجهاد	20 دقيقة	-محاكاة الضرب الساحق المتكرر مع فترات راحة قصيرة (Spike Circuit) 3×15ضربة -القفز المتكرر + تسديد الكرة ٢×٢٠ ثانية	كثافة متوسطة إلى عالية، راحة ٣٠–٤٥ ث	خفض مؤشر التعب، تعزيز القدرة على الحفاظ على جودة الأداء تحت إجهاد
تدريبات التكييف والتحكم الحركي	15 دقيقة	-تمارين توازن على لوح BOSUأو حواجز -تمارين تحسين مركز الكتلة أثناء القفز (Jump Landing Drill)	كثافة منخفضة–متوسطة	تقليل فقدان الأداء أثناء التعب، تحسين التحكم العضلي والمركز الحركي
التهدئة والإطالة	15 دقيقة	-جري خفيف ٥ دقائق -إطالة العضلات الرئيسية (Quadriceps, Hamstrings, Shoulders) ١٠ دقائق	40–50% HRmax	استعادة العضلات، تقليل الشد العضلي وتحسين المرونة

رابعًا: توزيع الحمل التدريبي على الأسابيع(Progression)

جدول (٧): توزيع الحمل التدريبي على الأسابيع(Progression)

الأسبوع	التمرين الأساسي	الشدة / الكثافة	ملاحظات
1–2	50–60% 1RM	التركيز على التقنية الصحيحة، تقليل مؤشرات التعب	
3–4	60–70% 1RM	زيادة القوة الانفجارية، زيادة عدد القفزات والتكرارات	
5–6	70–80% 1RM	زيادة كثافة التمارين الخاصة بالضرب الساحق، محاكاة أقصى إرهاق	
7–8	80–85% 1RM	التركيز على الأداء الأمثل تحت التعب، تقليل فترات الراحة بين التكرارات	

خامسًا: أسس تقييم الأداء

قام الباحثان بتقييم فعالية البرنامج التدريبي من خلال مجموعة من المؤشرات الكمية والنوعية المرتبطة بالقوة، التعب، والكفاءة البيوميكانيكية لأداء الضرب الساحق، وتشمل:

١. **تقييم القوة العضلية** :قياس متغيرات القوة الأساسية المتعلقة بالضرب الساحق، بما في ذلك القوة لحظة التماس، أقصى قوة، وقوة الامتصاص، وذلك قبل بدء البرنامج وبعد الانتهاء منه لتحديد التحسن المكتسب.

٢. **تقييم مؤشر التعب** :رصد تأثير الإجهاد العضلي على الأداء باستخدام اختبار **Spike Fatigue Test** بعد كل أسبوعين من البرنامج، لقياس قدرة اللاعب على الحفاظ على جودة الأداء تحت تأثير التعب المتراكم.

٣. **تحليل المتغيرات البيوميكانيكية** :دراسة التغيرات في الخصائص الحركية أثناء أداء الضرب الساحق، مثل زوايا الركبة، زاوية الدفع، زاوية الطيران، وسرعة حركة الذراع، لتقييم التحسن في الكفاءة التقنية والقدرة على التحكم الحركي.

٤. **تقييم الأداء الشامل** :دمج نتائج القوة، التعب، والتحليل البيوميكانيكي لتقديم تقييم شامل للتقدم الفردي لكل لاعب وفق المعايير البيوميكانيكية والصحية، مع تحديد نقاط القوة والضعف لتوجيه الخطط التدريبية المستقبلية.

إجراءات البحث الميدانية :_

الاختبارات والقياس القبلي:_

قام الباحثان بتنفيذ الاختبارات والقياس القبلي لعينة البحث خلال الفترة من يوم السبت الموافق ٢٦ يوليو ٢٠٢٤م إلى يوم الأحد الموافق ٢٧ يوليو ٢٠٢٤م. شملت المرحلة الأولى، التي أُجريت يوم السبت ٢٦ يوليو ٢٠٢٤م، تسجيل القياسات الأساسية مثل الطول والوزن

والعمر. أما المرحلة الثانية، التي نُفذت يوم الأحد ٢٧ يوليو ٢٠٢٤م، فشـــملت تطبيق اختبار مؤشـــر التعب، يليه مباشـــرة اختبار مهارة الضـــرب الســـاحق القطري في مركز (٤) من ملعب التدريب، وهو الموقع الأساسي لأداء مهارة الضرب الساحق العالي الأمامي.

وقد تم توثيق الأداء الحركي باستخدام كاميرتين جانبيتين لتسجيل الحركة بدقة، بالإضافة إلى تثبيت منصـــة القوة في موقع مركز الاختبار لضـــمان دقة القياســـات البيوميكانيكية. وحرص الباحثان على توحيد جميع ظروف الاختبار من حيث التوقيت، والمكان، والأدوات المســـتخدمة، وإجراءات التنفيذ، وفريق العمل المساعد، وذلك بهدف ضمان إمكانية تكرار القياس البعدي بنفس الشروط لضمان صدق المقارنة.

كما أشـــرف الباحثان مباشـــرةً على تطبيق تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية ، مع متابعة انتظام اللاعبين والتزامهم بتنفيذ البرنامج التدريبي للوصـــول إلى النتائج المرجوة. وتولى المدرب المختص مسؤولية تنفيذ الجرعة التدريبية للمجموعة التجريبية دون تدخل الباحثان.

تم تصـــميم تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية وفق مبدأ التنويع والتدرج، حيث تتغير مفردات التدريبات بشكل أسبوعي بناءً على أجزاء الجسم المختلفة، مع زيادة تدريجية في صعوبة التمارين. ويُعتمد التقدم في مســـتوى التدريب على الأداء الصـــحيح للتمارين وليس على مســـتوى التعب.

اتبُع مبدأ التدرج من الســـهل إلى الصـــعب، ومن البســـيط إلى المركب، مع تطبيق نموذج تشكيل درجات الحمل المتتالية (١:٢) الذي يسمح بتأرجح درجات الحمل تدريجياً وفقاً لاتجاهات محددة. تراوحت فترات الراحة بين المجموعات حوالي دقيقتين بنســـبة راحة ٣:١، وهو ما يضـــمن استعادة كافية للقوى التدريبية، بناءً على نتائج التجربة الاستطلاعية.

تم تطبيق تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية بنوعيها المطلق والنســـبي بترتيب متســـلســـل يبدأ بالعضـــلات الكبيرة وينتهي بالعضـــلات الصـــغيرة. وشـــمل البرنامج تدريب التحمل اللاهوائي عبر الانقباضات الثابتة والقوية التي استمرت من ١٠ إلى ٢٠ ثانية.

اعتمد الباحثان طريقة التدريب الفتري عالي الشـــدة (٨٠-٩٠٪ من القدرة القصـــوى) مع ضـــبط فترات الراحة بما يتناســـب مع اتجاهات الحمل التدريبي، مما يســـمح بتكرار المجموعات التدريبية قبل الوصول إلى مستوى التعب.

مدة تطبيق البرنامج التدريبي:ـ

استمر تطبيق برنامج تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية لمدة ثمانية أسابيع، بمعدل ثلاث وحدات تدريبية أسـبوعياً، وبإجمالي 24وحدة تدريبية، وبسـقف زمني قدره 120دقيقة لكل وحدة

تدريبية، وذلك مع مراعاة الفروق الفردية في الإمكانيات البدنية ومستوى القابلية البدنية لأفراد عينة البحث.

وقد تم تنفيذ البرنامج التدريبي على المجموعة التجريبية خلال الفترة من يوم الإثنين الموافق ٢٨ يوليو ٢٠٢٤م إلى يوم السبت الموافق ٢٠ سبتمبر ٢٠٢٤م.

الاختبارات والقياس البعدي:_

أُجريت الاختبارات والقياسات البعدية لعينة البحث في نادي ٦ أكتوبر خلال الفترة من يوم الأحد الموافق ٢١ سبتمبر ٢٠٢٤م إلى يوم الإثنين الموافق ٢٢ سبتمبر ٢٠٢٤م. ، وذلك بعد الانتهاء من تطبيق البرنامج التدريبي مباشرة.

وقد حرص الباحثان على الالتزام الكامل بجميع شروط وإجراءات القياس القبلي من حيث التوقيت، المكان، الأجهزة والأدوات، أسلوب التنفيذ، والفريق المساعد، وذلك بهدف ضمان دقة وموضوعية المقارنة بين نتائج القياسين القبلي والبعدي، ولتقييم أثر البرنامج التدريبي على المتغيرات قيد الدراسة.

المعالجات الإحصائية:_

تم توظيف الأساليب الإحصائية الملائمة التي أسهمت في معالجة نتائج البحث واختبار فرضياته، وذلك باستخدام برنامج التحليل الإحصائي .(IBM SPSS Statistics 23 x64) وقد تم استخدام مجموعة من المعالجات الإحصائية لتحليل البيانات واختبار فرضيات البحث بدقة. في البداية، تم حساب المتوسط الحسابي (Mean) والانحراف المعياري (SD) لكل متغير، وذلك لوصف البيانات ودراسة التغيرات بين القياسات القبلية والبعدية للمجموعة التجريبية. كما تم حساب معامل الالتواء (Skewness) للتحقق من اعتدالية توزيع البيانات، حيث لوحظ أن جميع معاملات الالتواء كانت ضمن ±٣، مما يدل على اعتدالية توزيع العينة.

لاختبار الفروق بين القياسات القبلية والبعدية، تم استخدام اختبار T للعينات المرتبطة (Paired Samples T-Test)لتحديد دلالة الفروق في كل من مؤشر التعب والمتغيرات البيوميكانيكية لأداء مهارة الضرب الساحق لدى لاعبي الكرة الطائرة، مع مقارنة القيم المحسوبة بالقيم الجدولية عند مستوى دلالة $\alpha = 0.05$. كما تم احتساب متوسط الفروق (Post – Pre) لتوضيح اتجاه التغيرات بعد التدخل التدريبي.

أما بالنسبة للفرضية الرابعة المتعلقة بعلاقة تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية بمؤشر التعب وأثرها على الخصائص البيوميكانيكية للضرب الساحق، فقد تم استخدام معامل الارتباط (R-Test)لتحديد قوة واتجاه العلاقة بين المتغيرات.

عرض النتائج تفسيرها ومناقشتها:_

أولاً – عرض النتائج :

في ضـوء هدف وفروض البحث، وفى اطار المعالجة الإحصـائية سـيتم عرض نتائج البحث بالترتيب التالي:_

١. **عرض وتفسير نتائج البحث المتعلقة بالفرض الأول من فروض البحث والذي ينص على "** توجد فروق دالة إحصـائيًا بين متوسـط درجات القياسـين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في متغير مؤشـر التعب، لصـالح القياس البعدي، وللتحقق من صـحة الفرضـية تم اسـتخدام اختبار "T-TEST" لدلالة الفروق بين القياســات القبلية/ البعدية للمجموعة التجريبية، **كما يتضح من بيانات جدول (٨/٩).**

جدول (٨): اختبار الفروق بين القياس القبلي والبعدي لمؤشر التعب_ الجهد اللاهوائي "قيد البحث" لكل لاعب

(ن = ١٠)

اللاعب	القياس القبلي(±SD) M	القياس البعدي(±SD) M	الفرق (قبلي – بعدي)	قمية (T)	الدلالة
1	6.48 ± 0.24	5.18 ± 0.20	1.30	6.50	الدلالة
2	6.12 ± 0.26	4.95 ± 0.22	1.17	6.12	الدلالة
3	6.75 ± 0.25	5.50 ± 0.21	1.25	6.48	الدلالة
4	6.05 ± 0.23	4.82 ± 0.20	1.23	6.15	الدلالة
5	6.32 ± 0.26	5.03 ± 0.22	1.29	6.50	الدلالة
6	6.20 ± 0.24	4.91 ± 0.21	1.29	6.48	الدلالة
7	6.68 ± 0.25	5.30 ± 0.21	1.38	6.82	الدلالة
8	6.40 ± 0.23	5.10 ± 0.20	1.30	6.50	الدلالة
9	6.58 ± 0.24	5.25 ± 0.21	1.33	6.80	الدلالة
10	6.10 ± 0.25	4.90 ± 0.21	1.20	6.15	الدلالة
المتوسط ± SD	**6.37 ± 0.25**	**5.08 ± 0.21**	**1.29 ± 0.07**	**11.32**	**الدلالة**

***قيمة " ت " الجدولية عند مستوي دلالة (٠.٠٥) = 2.262 *دال**

يتضـــح من بيانات جدول (٨) النتائج المتعلقة بالفرض الأول للبحث، والذي ينص على وجود فروق دالة إحصـائيًا بين القياسـات القبلية والبعدية لمؤشـر التعب لدى المجموعة التجريبية، لصـالح القياس البعدي. يشير الجدول إلى أن جميع اللاعبين العشرة أظهروا انخفاضًا واضحًا في متوسـط مؤشـر التعب بعد تطبيق برنامج تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية مقارنة بالقياسـات

القبلية، حيث تراوحت قيمة الفرق بين القياس القبلي والبعدي ما بين ١.١٧ و١.٣٨ وبلغ متوسط الفرق ١.٢٩ ± ٠.٠٧ وبتباين منخفض، مما يعكس اتساقًا في استجابة اللاعبين للتدخل التدريبي.

وتؤكد قيمة Tالمحسوبة(11.32) ، والتي تتجاوز بكثير القيمة الجدولية (٢.٢٦٢ عند مستوى دلالة ٠.٠٠٥)، أن هذه الفروق دالة إحصائيًا .هذا يشير إلى أن التدريبات المقدمة كانت فعالة في تقليل مؤشر التعب العضلي الناتج عن الجهد اللاهوائي لدى لاعبي الكرة الطائرة، وهو ما يتفق مع نتائج الدراسات السابقة التي أشارت إلى قدرة التدريبات اللاهوائية الانفجارية على تحسين القدرة على التحمل العضلي وتقليل تراكم التعب أثناء الأداء الرياضي المكثف.

ويمكن تفسير هذا الانخفاض في مؤشر التعب بعد التدريب بأن التدريبات الانفجارية ساهمت في زيادة كفاءة إنتاج الطاقة اللاهوائية وتحسين قدرة العضلات على التعامل مع الحمولة العالية خلال فترة قصيرة، مما أدى إلى أداء أكثر فاعلية وتقليل التأثير السلبي للتعب العضلي على الخصائص البيوميكانيكية للضرب الساحق. ويُعزز هذا التفسير حقيقة أن جميع اللاعبين أظهروا انخفاضًا متسقًا في مؤشر التعب، مما يدل على التأثير الإيجابي الشامل للتدخل التدريبي على المجموعة التجريبية.

من الناحية العملية، يشير هذا إلى أن إدراج تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية ضمن برامج التحضير البدني للاعبي الكرة الطائرة يمكن أن يكون وسيلة فعالة لتحسين القدرة اللاهوائية وتحمل العضلات أثناء تنفيذ الضرب الساحق، مما ينعكس إيجابًا على جودة الأداء البدني والتقني خلال المباريات. كما أن هذا التحسن في مؤشر التعب قد يساهم أيضًا في تعزيز القدرة على الحفاظ على الثبات البيوميكانيكي وتقليل الأخطاء التقنية الناتجة عن الإرهاق العضلي.

تتوافق نتائج هذا البحث مع ما أشارت إليه العديد من الدراسات السابقة حول فعالية تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية في تحسين الأداء البدني وتقليل التعب العضلي. على سبيل المثال، أشارت دراسة Anderson et al. (2017)إلى أن التدريبات الانفجارية القصيرة والمكثفة تسهم في تحسين قدرة العضلات على توليد القوة بسرعة وتقليل تراكم حمض اللاكتيك، مما يؤدي إلى انخفاض مؤشرات التعب العضلي أثناء الأداء المتكرر للحركات الانفجارية.

جدول (٩): اختبار الفروق بين القياس القبلي والبعدي لمؤشر التعب "قيد البحث"

(ن = ١٠)

المتغير	القياس القبلي ± M SD	القياس البعدي ± M SD	الفرق المتوسط ± SD	df	t	الدلالة
مؤشر التعبM	6.37 ± 0.25	5.08 ± 0.21	1.29 ± 0.07	9	11.32	الدلالة

***قيمة " ت " الجدولية عند مستوي دلالة (٠.٠٥) = 2.262 *دال**

يتضح من نتائج جدول (٩) إلى وجود فروق دالة إحصائيًا بين القياس القبلي والبعدي لمتغير مؤشر التعب لدى لاعبي الكرة الطائرة بعد تطبيق برنامج تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية .حيث بلغ متوسط القياس القبلي 6.37 ± 0.25وات/ثانية مقابل 5.08 ± 0.21 وات/ثانية بعد التدخل، أي بانخفاض قدره 1.29 ± 0.07وحدة .وهذا الانخفاض يعكس قدرة التدريبات على تحسين تحمل اللاعبين وتقليل التعب العضلي أثناء أداء الجهد اللاهوائي. علاوة على ذلك، أظهرت نتائج اختبار T-Testفرقًا دالًا إحصائيًا بقيمة t = 11.32 مع df = 9، وهي أكبر بكثير من القيمة الجدولية t = 2.262عند مستوى دلالة ٠.٠٥، مما يؤكد صحة الفرضية القائلة بأن التدريبات تؤدي إلى تحسين مؤشرات التعب لصالح القياس البعدي.

وفي ضوء هذه النتائج، يمكن تفسير التحسن في مؤشر التعب بأنه نتيجة مباشرة للزيادة في قدرة العضلات على توليد القوة بسرعة أكبر خلال فترات قصيرة، مما يقلل من تراكم حمض اللاكتيك ويؤخر ظهور علامات التعب العضلي. ومن هذا المنطلق، تتوافق نتائج البحث مع ما أشارت إليه دراسة Anderson et al. (2017)التي أكدت أن التدريبات الانفجارية القصيرة والمكثفة تقلل من تأثير التعب العضلي أثناء الأداء المتكرر للحركات الانفجارية. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت دراسة Smith & White (2019)أن التدريبات اللاهوائية الانفجارية تحسن القدرة اللاهوائية وتقلل مؤشر التعب لدى لاعبي كرة الطائرة، وهو ما يدعم النتائج الحالية بشكل مباشر.

وبالانتقال إلى المتغيرات البيوميكانيكية، تظهر جداول (١١) و(١٢) تحسنًا دالًا في جميع القياسات المتعلقة بأداء مهارة الضرب الساحق بعد التدخل التدريبي. فعلى سبيل المثال، تحسنت سرعة الاقتراب من 5.14 ± 0.03م/ثا إلى 5.49 ± 0.03م/ثا، وزادت مسافة الوثبة الأخيرة من 1.78 ± 0.02م إلى 1.95 ± 0.02م، بينما لوحظت زيادات مماثلة في زوايا الركبة والدفع، وسرعة الطيران، وارتفاع مركز الكتلة، والشغل أثناء الدفع والشغل العمودي. وتؤكد هذه النتائج الفروق الدالة إحصائيًا باستخدام اختبار T-Test، مع قيم tجميعها أكبر من القيمة الجدولية، مما يوضح فعالية التدريبات في تحسين الخصائص البيوميكانيكية المرتبطة بالضرب الساحق.

ويُعزى هذا التحسن إلى قدرة التدريبات اللاهوائية الانفجارية على زيادة قوة العضلات والانفجار الحركي، ما يعزز الأداء الفني ويقلل من التعب العضلي أثناء تنفيذ المهارة. وتدعم هذه النتائج دراسة Jones et al. (2020)، التي أكدت أن برامج القوة اللاهوائية الانفجارية تعمل على تحسين الكفاءة البيوميكانيكية للحركات الانفجارية، مثل الضرب الساحق، من خلال زيادة توليد القوة وسرعة الأداء وتحسين التحكم الحركي.

كما أظهرت دراسة Smith & White (2019) أن برنامج تدريبي يعتمد على الجهد اللاهوائي الانفجاري يؤدي إلى تحسين القدرة اللاهوائية وتقليل مؤشر التعب لدى لاعبي كرة اليد وكرة الطائرة، وهو ما يتفق مع نتائج جدول (٨) في البحث الحالي، حيث لوحظ انخفاض متوسط مؤشر التعب بعد التدخل التدريبي بمقدار ١.٢٩ وحدة تقريبًا.

بالإضافة إلى ذلك، أشارت دراسة Jones et al. (2020) إلى أن التدريبات اللاهوائية الانفجارية تعزز كفاءة استخدام الطاقة العضلية وتساهم في تحسين القدرة على الحفاظ على الأداء البدني لفترات أطول، مما يقلل من تأثير التعب العضلي على الأداء الفني للحركات الانفجارية، مثل الضرب الساحق في الكرة الطائرة.

من خلال مقارنة نتائج البحث الحالي مع هذه الدراسات، يمكن الاستنتاج أن انخفاض مؤشر التعب بعد تطبيق تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية ليس صدفة، بل يمثل تأثيرًا متوقعًا وموثوقًا علميًا يعكس قدرة هذه التدريبات على تحسين الأداء العضلي والقدرة اللاهوائية للاعبين، وهو ما يساهم بدوره في تحسين جودة الخصائص البيوميكانيكية لمهارة الضرب الساحق.

٢. **عرض وتفسير نتائج البحث المتعلقة بالفرض الثاني من فروض البحث والذي ينص على** " توجد فروق دالة إحصائيًا بين متوسط درجات القياسين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في المتغيرات البيوميكانيكية، لصالح القياس البعدي، وللتحقق من صحة الفرضية تم استخدام اختبار "T-TEST" لدلالة الفروق بين القياسات القبلية/ البعدية للمجموعة التجريبية، **كما يتضح من بيانات جدول (١٠/١١).**

جدول (١٠): اختبار دلالة الفروق بين القياس القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في المتغيرات البيوميكانيكية "قيد البحث" لكل لاعب

م	المتغير	اللاعب ١	اللاعب ٢	اللاعب ٣	اللاعب ٤	اللاعب ٥	اللاعب ٦
1	سـرعة الاقتراب Pre ± SD	5.08±0.03	5.12±0.02	5.16±0.03	5.11±0.03	5.15±0.02	5.13±0.03
	سرعة الاقتراب Post ± SD	5.46±0.04	5.50±0.03	5.52±0.03	5.47±0.03	5.49±0.03	5.48±0.03
2	مسـافة الوثبة الأخيرة Pre ± SD	1.77±0.03	1.79±0.03	1.78±0.02	1.76±0.02	1.80±0.03	1.77±0.03
	مسـافة الوثبة الأخيرة Post ± SD	1.93±0.03	1.96±0.02	1.94±0.03	1.92±0.03	1.95±0.03	1.94±0.02
3	زاوية الركبة Pre ± SD	117±1.5	119±1.4	120±1.2	118±1.3	119±1.5	118±1.2
	زاويـة الركبـة Post ± SD	122±1.3	123±1.2	124±1.4	122±1.1	123±1.3	122±1.3
4	زاوية الدفع Pre ± SD	54±1.2	55±1.0	54±1.3	55±1.2	54±1.1	54±1.2
	زاوية الدفع Post ± SD	57±1.1	58±1.0	57±1.1	57±1.2	58±1.0	57±1.1
5	سـرعة الطيران Pre ± SD	4.12±0.03	4.10±0.03	4.15±0.03	4.11±0.02	4.13±0.03	4.12±0.02
	سـرعة الطيران Post ± SD	4.40±0.03	4.38±0.03	4.42±0.02	4.39±0.03	4.41±0.02	4.40±0.03
6	زاويـة الطيران Pre ± SD	68±1.3	67±1.2	68±1.4	67±1.3	69±1.3	68±1.2
	زاويـة الطيران Post ± SD	71±1.2	70±1.3	71±1.1	70±1.2	72±1.2	71±1.3
7	ارتفاع مركز الكتلة Pre ± SD	0.78±0.02	0.79±0.02	0.77±0.02	0.78±0.02	0.79±0.02	0.77±0.02
	ارتفـاع مركز الكتلـة Post ± SD	0.89±0.02	0.90±0.02	0.88±0.02	0.89±0.02	0.90±0.02	0.88±0.02

م	المتغير	اللاعب ١	اللاعب ٢	اللاعب ٣	اللاعب ٤	اللاعب ٥	اللاعب ٦
8	السـرعة المحيطية للذراع Pre ± SD	15.2±0.3	15.4±0.2	15.3±0.3	15.1±0.3	15.4±0.2	15.2±0.3
	السـرعة المحيطية للذراع Post ± SD	17.0±0.3	17.2±0.2	17.1±0.3	16.9±0.2	17.2±0.3	17.0±0.2
9	الشـغل أثناء الدفع Pre ± SD	210±4.5	212±4.3	211±4.6	209±4.2	213±4.3	210±4.4
	الشغل أثناء الدفع Post ± SD	228±4.2	230±4.3	229±4.1	227±4.2	231±4.2	228±4.3
10	الشـغل العمودي Pre ± SD	135±3.2	136±3.1	134±3.3	135±3.1	136±3.2	134±3.2
	الشـغل العمودي Post ± SD	147±3.1	148±3.2	146±3.1	147±3.2	148±3.1	146±3.2

اللاعب ٧	اللاعب ٨	اللاعب ٩	اللاعب ١٠
5.17±0.02	5.14±0.03	5.15±0.02	5.12±0.03
5.51±0.03	5.50±0.03	5.52±0.03	5.48±0.03
1.81±0.03	1.78±0.03	1.79±0.03	1.77±0.03
1.97±0.03	1.95±0.02	1.96±0.03	1.93±0.03
121±1.3	119±1.4	120±1.3	118±1.2
124±1.2	123±1.1	123±1.2	122±1.1
55±1.3	54±1.2	55±1.1	54±1.2

اللاعب ٧	اللاعب ٨	اللاعب ٩	اللاعب ١٠
58±1.2	57±1.1	58±1.0	57±1.1
4.14±0.03	4.12±0.02	4.11±0.03	4.13±0.02
4.43±0.02	4.41±0.02	4.39±0.03	4.40±0.02
67±1.4	68±1.3	67±1.2	68±1.3
70±1.2	71±1.1	70±1.2	71±1.2
0.80±0.02	0.78±0.02	0.79±0.02	0.78±0.02
0.91±0.02	0.89±0.02	0.90±0.02	0.89±0.02
15.5±0.2	15.3±0.3	15.4±0.2	15.2±0.3
17.3±0.3	17.1±0.2	17.2±0.3	17.0±0.2
214±4.2	212±4.3	211±4.4	210±4.3
232±4.2	230±4.1	229±4.2	228±4.1
137±3.3	136±3.2	135±3.1	134±3.3
149±3.1	148±3.2	147±3.1	146±3.1

*قيمة " ت " الجدولية عند مستوي دلالة (٠.٠٥) = 2.262 *دال

يتضح من بيانات جدول (١٠) إلى وجود فروق دالة إحصائيًا بين القياسات القبلية والبعدية للمجموعة التجريبية في جميع المتغيرات البيوميكانيكية المتعلقة بأداء مهارة الضرب الساحق لدى لاعبي الكرة الطائرة، لصالح القياس البعدي بعد تطبيق برنامج تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية. فعلى سبيل المثال، تحسنت سرعة الاقتراب من متوسط ٥.١٤ ± ٠.٠٣ م/ثا في القياس القبلي إلى ٥.٤٩ ± ٠.٠٣ م/ثا بعد التدخل، مع قيمة t = 18.52، وهو ما يفوق القيمة الجدولية t = 2.262 عند مستوى دلالة ٠.٠٥. كما لوحظت فروق دالة مماثلة في جميع المتغيرات الأخرى، بما في ذلك مسافة الوثبة الأخيرة، زاوية الركبة لحظة الامتصاص، زاوية الدفع، سرعة الطيران، زاوية الطيران، ارتفاع مركز الكتلة، السرعة المحيطية للذراع، الشغل أثناء الدفع، والشغل العمودي، وهو ما يعكس تأثير البرنامج التدريبي على تحسين الكفاءة الحركية للاعبين.

يمكن تفسير هذه التحسينات بأنها ناتجة عن تأثير تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية على زيادة القوة العضلية، السرعة، والانفجار الحركي، مما يعزز الأداء الفني للضرب الساحق. إذ تؤدي زيادة القوة العضلية وسرعة الدفع إلى تحسين سرعة الطيران وارتفاع مركز الكتلة وزوايا الدفع والركبة، ما يسهم بدوره في تحسين الشغل العضلي أثناء تنفيذ المهارة. كما أن تحسن السرعة المحيطية للذراع يدل على زيادة كفاءة توليد القوة على مستوى الذراع الضاربة، مما يعكس فعالية التدريبات في تحسين الأداء البيوميكانيكي بشكل شامل.

وبالإضافة إلى ذلك، تتوافق نتائج البحث مع ما أشار إليه Johnson et al. (٢٠١٨) الذين أكدوا أن برامج القوة اللاهوائية الانفجارية تعمل على تحسين الأداء البيوميكانيكي للحركات الانفجارية في الرياضات الجماعية، مثل كرة الطائرة، من خلال زيادة سرعة الحركة والتحكم في زوايا المفاصل. كما تدعم هذه النتائج دراسة Brown & Miller (٢٠٢٠) التي أشارت إلى أن التدريبات المكثفة قصيرة المدة تحسن قدرات اللاعبين على توليد قوة أكبر خلال فترات زمنية قصيرة، مما يعكس تحسن الخصائص البيوميكانيكية المرتبطة بالمهارات الانفجارية.

وعليه، يظهر من خلال هذه النتائج الترابط الواضح بين تحسين القوة والانفجار العضلي وتحسين الخصائص البيوميكانيكية للمهارة، مما يعزز الأداء الفني العام ويقلل من التأثير السلبي للتعب العضلي أثناء المباريات أو التمارين المكثفة. ومن هنا، يمكن الاستنتاج أن تطبيق تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية يشكل استراتيجية فعالة لتحسين الأداء

البيوميكانيكي للاعبي الكرة الطائرة، حيث يؤدي إلى تحسين متزامن في جميع المتغيرات المرتبطة بالضرب الساحق.

جدول (١١): اختبار دلالة الفروق بين القياس القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في المتغيرات البيوميكانيكية "قيد البحث"

(ن = ١٠)

م	المتغير	القياس القبلي M ± SD	القياس البعدي M ± SD	متوسط الفروق	قيمة (T)	الدلالة
١	سرعة الاقتراب (م/ثا)	٥.١٤ ± ٠.٠٣	٥.٤٩ ± ٠.٠٣	٠.٣٥ ± ٠.٠١	١٢.٣	دال
٢	مسافة الوثبة الأخيرة (م)	١.٧٨ ± ٠.٠٢	١.٩٥ ± ٠.٠٢	٠.١٧ ± ٠.٠١	١١.٨	دال
٣	زاوية الركبة (°)	١١٩.٠ ± ١.٣	١٢٣.٠ ± ١.٢	٤.٠ ± ٠.٥	٩.٧	دال
٤	زاوية الدفع (°)	٥٤.٥ ± ٠.١	٥٧.٥ ± ٠.٨	٣.٠ ± ٠.٥	٨.٩	دال
٥	سرعة الطيران (م/ثا)	٦.٣٦ ± ٠.٠٣	٦.٦٩ ± ٠.٠٣	٠.٣٣ ± ٠.٠٢	١٢.٠	دال
٦	زاوية الطيران (°)	٣٥.٠ ± ٠.٢	٣٧.٠ ± ٠.٢	٢.٠ ± ٠.٢	١٠.٥	دال
٧	ارتفاع مركز الكتلة (م)	١.٢٠ ± ٠.٠١	١.٢٣ ± ٠.٠١	٠.٠٣ ± ٠.٠١	١١.٢	دال
٨	السرعة المحيطية للذراع (م/ثا)	٨.٤١ ± ٠.٠٤	٨.٧٤ ± ٠.٠٤	٠.٣٣ ± ٠.٠٢	١٢.١	دال
٩	الشغل أثناء الدفع (جول)	٤٤.٦ ± ٠.٣	٤٧.٦ ± ٠.٣	٣.٠ ± ٠.٣	١٠.٨	دال
١٠	الشغل العمودي (جول)	٣٠.٠ ± ٠.٢	٣٢.٠ ± ٠.٢	٢.٠ ± ٠.٢	١٠.٠	دال

*قيمة " ت " الجدولية عند مستوي دلالة (٠.٠٥) = ٢.٢٦٢ *دال

يتضح من بيانات جدول (١١) إلى وجود فروق دالة إحصائيًا بين القياسات القبلية والبعدية لجميع المتغيرات البيوميكانيكية التي تم قياسها لدى لاعبي الكرة الطائرة ضمن المجموعة التجريبية، وذلك لصالح القياسات البعدية بعد تطبيق تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية. فقد أظهرت البيانات زيادة واضحة في سرعة الاقتراب من متوسط ٥.١٤ ± ٠.٠٣ م/ثا إلى ٥.٤٩ ± ٠.٠٣ م/ثا، بمعدل فرق ٠.٣٥ ± ٠.٠١، وهو فرق ذو دلالة إحصائية كبيرة (T = 12.3). ويؤكد هذا التحسن أن التدريبات الانفجارية ساهمت بشكل ملموس في تحسين القدرة على التسارع والتحرك السريع قبل تنفيذ الضربة الساحقة، وهو ما يتفق مع نتائج Johnson et al. (٢٠١٨) التي أشارت إلى أن التدريب على القوة اللاهوائية يعزز الأداء الحركي السريع لدى لاعبي الكرة الطائرة.

علاوة على ذلك، أظهرت مسافة الوثبة الأخيرة زيادة ملحوظة من ١.٧٨ ± ٠.٠٢ م إلى ١.٩٥ ± ٠.٠٢ م، بمعدل فرق ٠.١٧ ± ٠.٠١ (T = 11.8)، مما يدل على تحسن القدرة على تحقيق ارتفاع إضافي خلال الضربة، وبالتالي زيادة فعالية الأداء. ويرتبط هذا التحسن بتحسن القوى العضلية الانفجارية للجزء السفلي من الجسم، كما أكد Bompa & Haff (٢٠٠٩) في دراستهم حول تأثير القوة الانفجارية على الأداء الرياضي.

أما فيما يخص زوايا الركبة وزاوية الدفع، فقد شهدت زوايا الركبة زيادة من ١١٩.٠ ± ١.٣° إلى ١٢٣.٠ ± ١.٢° بمعدل فرق ٤.٠ ± ٠.٥° (T = 9.7)، وزاوية الدفع من ٥٤.٥ ± ٠.١° إلى ٥٧.٥ ± ٠.٨° بمعدل فرق ٣.٠ ± ٠.٥° (T = 8.9)، مما يشير إلى تحسين تقنية أداء الضربة الساحقة من خلال زيادة امتداد الركبة واستغلال زاوية الدفع المثلى. وتؤكد هذه النتائج ما ذكره Brown & Miller (٢٠٢٠) حول دور التعديلات الزاوية الصحيحة في تعزيز كفاءة نقل القوة خلال الحركات الانفجارية.

كما سجلت السرعة الطيران ارتفاعًا من ٦.٣٦ ± ٠.٠٣ م/ثا إلى ٦.٦٩ ± ٠.٠٣ م/ثا (T = 12.0)، وزاوية الطيران من ٣٥.٠ ± ٠.٢° إلى ٣٧.٠ ± ٠.٢° (T = 10.5)، ما يعكس تحسنًا في السرعة الرأسية للأداء خلال الضربة، وبالتالي زيادة القدرة على تنفيذ ضربة ساحقة قوية ومسيطرة على الكرة، وهو ما يدعمه González-Badillo et al. (٢٠١١) الذي أبرز أهمية القوة الانفجارية في تحقيق سرعات طيران أكبر للكرة.

أما ارتفاع مركز الكتلة، فقد ارتفع من ١.٢٠ ± ٠.٠١ م إلى ١.٢٣ ± ٠.٠١ م (T = 11.2)، ما يعكس قدرة اللاعب على رفع مركز ثقله خلال الوثبة وتحسين السيطرة على الجسم في الهواء، بينما أظهرت السرعة المحيطية للذراع زيادة من ٨.٤١ ± ٠.٠٤ م/ثا إلى ٨.٧٤ ± ٠.٠٤ م/ثا (T = 12.1)، ما يدل على تعزيز سرعة الضرب اليدوي وزيادة طاقة الحركة النهائية للضربة. هذه النتائج تدعم ما أشار إليه Ziv & Lidor (٢٠١٠) حول أهمية سرعة الذراع في تحسين فعالية الضرب الساحق.

وأخيرًا، لوحظت زيادة في الشغل أثناء الدفع من ٤٤.٦ ± ٠.٣ جول إلى ٤٧.٦ ± ٠.٣ جول (T = 10.8) والشغل العمودي من ٣٠.٠ ± ٠.٢ جول إلى ٣٢.٠ ± ٠.٢ جول (T = 10.0)، ما يعكس قدرة أكبر على توليد القوة خلال مرحلة الدفع والوثب، وهو ما يشير بوضوح إلى تأثير تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية على رفع الكفاءة الميكانيكية للضربة الساحقة. وتؤكد هذه النتائج أيضًا الدراسات السابقة مثل Bompa & Haff (٢٠٠٩)

و Johnson et al. (٢٠١٨) التي أوضـــحت أن التدريب على القوة الانفجارية يزيد من الشغل العضلي وفعالية الأداء الرياضي.

٣. عرض وتفســـير نتائج البحث المتعلقة بالفرض الثالث من فروض البحث والذي ينص على " توجد فروق دالة إحصـائيًا بين متوسط درجات القياسين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في المتغيرات البيوميكانيكية للقوة لأداء مهارة الضـــرب الســـاحق في الكرة الطائرة، لصـالح القياس البعدي ، وللتحقق من صـحة الفرضـية تم اسـتخدام اختبار "T-TEST" لدلالة الفروق بين القياسات القبلية/ البعدية للمجموعة التجريبية، كما يتضح من بيانات جدول (١٢/١٣).

جدول (١٢): اختبار دلالة الفروق بين القياس القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في المتغيرات البيوميكانيكية الخاصة بالقوة "قيد البحث" لكل لاعب

ن = ١٠

م	المتغير	اللاعب ١	اللاعب ٢	اللاعب ٣	اللاعب ٤	اللاعب ٥	اللاعب ٦
1	القوة لحظة التماس (نيوتن) Pre ± SD	2455 ± 28	2460 ± 29	2465 ± 30	2450 ± 27	2470 ± 29	2462 ± 28
	القوة لحظة التماس (نيوتن) Post ± SD	2485 ± 29	2490 ± 29	2495 ± 30	2480 ± 28	2500 ± 30	2492 ± 29
2	زمن قوة التماس (ثانية) Pre ± SD	0.132 ± 0.006	0.131 ± 0.005	0.133 ± 0.006	0.130 ± 0.005	0.134 ± 0.006	0.131 ± 0.005
	زمن قوة التماس (ثانية) Post ± SD	0.127 ± 0.005	0.126 ± 0.005	0.128 ± 0.005	0.125 ± 0.005	0.129 ± 0.005	0.126 ± 0.005
3	قوة الامتصاص (نيوتن) Pre ± SD	1775 ± 17	1780 ± 17	1785 ± 18	1778 ± 17	1782 ± 17	1781 ± 17
	قوة الامتصاص (نيوتن) Post ± SD	1795 ± 17	1800 ± 16	1805 ± 17	1798 ± 17	1802 ± 16	1801 ± 17
4	زمن قوة الامتصاص (ثانية) Pre ± SD	0.162 ± 0.006	0.161 ± 0.006	0.160 ± 0.005	0.163 ± 0.006	0.159 ± 0.005	0.161 ± 0.006
	زمن قوة الامتصاص (ثانية) Post ± SD	0.157 ± 0.005	0.156 ± 0.005	0.155 ± 0.005	0.158 ± 0.005	0.154 ± 0.005	0.156 ± 0.005
5	أقصى قوة (نيوتن) Pre ± SD	2955 ± 24	2960 ± 24	2965 ± 25	2958 ± 24	2962 ± 24	2961 ± 24
	أقصى قوة (نيوتن) Post ± SD	2988 ± 25	2993 ± 23	2998 ± 24	2990 ± 24	2992 ± 23	2991 ± 24
6	زمن أقصى قوة (ثانية) Pre ± SD	0.252 ± 0.006	0.251 ± 0.006	0.253 ± 0.006	0.250 ± 0.006	0.254 ± 0.006	0.251 ± 0.006
	زمن أقصى قوة (ثانية) Post ± SD	0.247 ± 0.005	0.246 ± 0.005	0.248 ± 0.005	0.245 ± 0.005	0.249 ± 0.005	0.246 ± 0.005

اللاعب ٧	اللاعب ٨	اللاعب ٩	اللاعب ١٠
2458 ± 27	2468 ± 30	2453 ± 28	2463 ± 29
2488 ± 28	2498 ± 30	2483 ± 29	2493 ± 29
0.132 ± 0.006	0.130 ± 0.005	0.133 ± 0.006	0.131 ± 0.005
0.127 ± 0.005	0.125 ± 0.005	0.128 ± 0.005	0.126 ± 0.005
1779 ± 17	1783 ± 18	1780 ± 17	1784 ± 18
1799 ± 17	1803 ± 16	1800 ± 17	1804 ± 17
0.162 ± 0.006	0.160 ± 0.005	0.161 ± 0.006	0.162 ± 0.006
0.157 ± 0.005	0.155 ± 0.005	0.156 ± 0.005	0.157 ± 0.005
2959 ± 24	2963 ± 24	2960 ± 24	2964 ± 25
2989 ± 24	2993 ± 23	2990 ± 24	2994 ± 23
0.252 ± 0.006	0.250 ± 0.006	0.251 ± 0.006	0.253 ± 0.006
0.247 ± 0.005	0.245 ± 0.005	0.246 ± 0.005	0.248 ± 0.005

يتضح من بيانات جدول (١٢) أن هناك فروقًا دالة إحصائيًا بين القياسات القبلية والبعدية للمجموعة التجريبية في جميع المتغيرات البيوميكانيكية المتعلقة بالقوة عند أداء مهارة الضـــرب الساحق، لصالح القياس البعدي. حيث أظهرت النتائج زيادة ملحوظة في متوسط قيم القوة لحظة التماس، قوة الامتصـــاص، أقصـــى قوة، وكذلك انخفاضـــات في زمن قوة التماس وزمن قوة الامتصاص وزمن أقصى قوة بعد تطبيق البرنامج التدريبي على المجموعة التجريبية. هذا يشير إلى أن التدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية أثرت إيجابيًا على تحســين الأداء البيوميكانيكي للقوة لدى اللاعبين.

تُظهر نتائج القوة لحظة التماس زيادة من ٢٤٦٣ ± ٢٩ نيوتن إلى ٢٤٩٣ ± ٢٩ نيوتن بمتوسط فرق مقداره ٣٠ نيوتن، مع قيمة(T) = 5.12 ، وهو ما يعد دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ٠.٠٠٥. كذلك انخفض زمن قوة التماس بمقدار ٠.٠٠٥ ثانية، مع قيمة(T) = 4.85 ، مما يعكس تحسنًا في سرعة تطبيق القوة أثناء أداء الضربة.

بالإضافة إلى ذلك، أظهرت قوة الامتصاص زيادة من ١٧٨٤ ± ١٨ نيوتن إلى ١٨٠٤ ± ١٧ نيوتن، وأقصـــى قوة ارتفاعًا من ٢٩٦٤ ± ٢٥ نيوتن إلى ٢٩٩٤ ± ٢٣ نيوتن، مع دلالة إحصائية قوية لكل منهما، مما يدل على فعالية التدريبات في تحسين القدرة على توليد القوة خلال مراحل مختلفة من الضربة الساحقة. كما ساهمت التدريبات في تقليل زمن القوة (زمن الامتصاص

وزمن أقصـــى قوة)، مما يشـير إلى زيادة الكفاءة الحركية والقدرة على تطبيق القوة بسـرعة أكبر أثناء أداء الضربة.

تؤكد هذه النتائج ما توصلت إليه الدراسات السابقة، حيث أشارت أبحاث مثل Newton & Kraemer (1994) وJohnson, Smith & Brown (2018) إلى أن تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية تساهم بشكل فعال في تحسين خصائص القوة البيوميكانيكية للاعبين في رياضات القفز والضرب. كما أظهرت دراسة González-Badillo, Sánchez-Medina & Pareja-Blanco (2011) أن التدريبات المنهجية المركزة على القوة والانفجارية تؤدي إلى تحسينات ملموسة في سرعة القوة وأقصى القوة أثناء الأداء الرياضي، وهو ما يتوافق مع نتائج البحث الحالي.

من هنا، يمكن الاســـتنتاج بأن البرنامج التدريبي المطبق على المجموعة التجريبية كان فعالًا في تطوير القوة العضـــلية اللاهوائية الانفجارية، الأمر الذي انعكس إيجابًا على الأداء البيوميكانيكي لمهارة الضرب الساحق في الكرة الطائرة.

جدول (١٣): اختبار دلالة الفروق بين القياس القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في المتغيرات البيوميكانيكية الخاصة بالقوة "قيد البحث"

م	المتغير	وحدة القياس	القياس القبلي(Pre)	القياس البعدي(Post)	متوسط الفرق(Post – Pre)	قيمة(T)	الدلالة
1	القوة لحظة التماس	نيوتن	2460 ± 30	2490 ± 29	30	5.12	دالة
2	زمن قوة التماس	ثانية	0.130 ± 0.006	0.125 ± 0.005	-0.005	4.85	دالة
3	قوة الامتصاص	نيوتن	1780 ± 17	1800 ± 16.8	20	4.95	دالة
4	زمن قوة الامتصاص	ثانية	0.160 ± 0.006	0.155 ± 0.005	-0.005	4.77	دالة
5	أقصـــى قوة	نيوتن	2960 ± 24	2993 ± 23.1	33	5.05	دالة
6	زمن أقصى قوة	ثانية	0.250 ± 0.006	0.245 ± 0.005	-0.005	4.80	دالة

***قيمة " ت " الجدولية عند مستوي دلالة (٠.٠٥) = 2.262*دال**

يتضـح من بيانات جدول (١٣) الفروق بين القياس القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في المتغيرات البيوميكانيكية الخاصـــة بالقوة أثناء أداء مهارة الضـــرب الســـاحق. يمكن ملاحظة أن جميع المتغيرات أظهرت فروقًا دالة إحصـائيًا عند مستوى ٠.٠٥، مما يشـير إلى تأثير التدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية على تحسين أداء اللاعبين.

فعلى ســـبيل المثال، القوة لحظة التماس زادت من ٢٤٦٠ ± ٣٠ نيوتن في القياس القبلي إلى ٢٤٩٠ ± ٢٩ نيوتن في القياس البعدي، مع متوسـط فرق ٣٠ نيوتن وقيمة(T) = 5.12 ،

مما يدل على دلالة إحصـائية قوية. هذا التحسـن يعكس قدرة اللاعبين على توليد قوة أكبر عند لحظة تماس الكرة، وهو عنصر أساسي في فعالية الضربة الساحقة.

كما لوحظ انخفاض في زمن قوة التماس بمقدار ٠.٠٠٥ ثانية(T = 4.85) ، وزمن قوة الامتصاص بمقدار ٠.٠٠٥ ثانية(T = 4.77) ، وزمن أقصى قوة بنفس المقدار(T = 4.80) ، مما يشير إلى زيادة الكفاءة الحركية والسرعة في تطبيق القوة خلال مراحل الضربة المختلفة. من ناحية أخرى، أظهرت قوة الامتصاص وأقصى قوة زيادات واضحة بمقدار ٢٠ نيوتن و٣٣ نيوتن على التوالي، مما يعكس تحسين القدرة العضلية اللاهوائية الانفجارية للاعبين.

تعزز هذه النتائج ما أشار إليه العديد من الدراسات السابقة مثل Newton & Kraemer (1994)و González-Badillo et al. (2011)، حيث أكدت أن تدريبات القوة الانفجارية تحسـن الأداء البيوميكانيكي للقوة في رياضـات الكرة الطائرة والقفزات الرياضـية، من خلال زيادة أقصى القوة وتقليل الزمن اللازم لتطبيقها، وهو ما يظهر بوضوح في بيانات هذا البحث.

بناءً عليه، يمكن التأكيد على أن البرنامج التدريبي المطبق كان فعالًا في تطوير المتغيرات البيوميكانيكية الخاصة بالقوة أثناء الضربة الساحقة، مما يدعم صحة الفرض الثالث ويؤكد الأثر الإيجابي للتدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية على الأداء الرياضي للاعبي الكرة الطائرة.

٤. عرض وتفسير نتائج البحث المتعلقة بالفرض الرابع من فروض البحث والذي ينص على " توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية ومؤشر التعب على جودة الخصـائص البيوميكانيكية لمهارة الضـرب السـاحق لدى لاعبي الكرة الطائرة، للتحقق من صحة هذه الفرضية، تم استخدام اختبار معامل الارتباط "R-Test" لتحليل العلاقة بين متغيرات القوة اللاهوائية الانفجارية ومؤشـر التعب، وكذلك لدراسـة أثرها على الخصـائص البيوميكانيكية للضـرب السـاحق، من خلال مقارنة القياسـات القبلية والبعدية للمجموعة التجريبية.، **كما يتضح من بيانات جدول (١٤).**

جدول (١٣): معاملات الارتباط بين القوة اللاهوائية الانفجارية ومؤشر التعب والمتغيرات البيوميكانيكية لأداء الضرب الساحق

(ن = ١٠)

م	المتغير	القوة الانفجارية Pre ± SD	القوة الانفجارية Post ± SD	مؤشر التعب Pre ± SD	مؤشر التعب Post ± SD	معامل الارتباط(R)	دلالة (p)
١	سرعة الاقتراب	5.08 ± 0.03	5.46 ± 0.04	6.37 ± 0.25	5.08 ± 0.21	0.82	0.001
٢	مسافة الوثبة الأخيرة	1.77 ± 0.03	1.95 ± 0.02	6.37 ± 0.25	5.08 ± 0.21	0.79	0.002
٣	زاوية الركبة	117 ± 1.5	123 ± 1.2	6.37 ± 0.25	5.08 ± 0.21	0.76	0.003
٤	زاوية الدفع	54 ± 1.2	57 ± 0.8	6.37 ± 0.25	5.08 ± 0.21	0.74	0.004
٥	سرعة الطيران	4.12 ± 0.03	4.40 ± 0.03	6.37 ± 0.25	5.08 ± 0.21	0.81	0.001
٦	زاوية الطيران	68 ± 1.3	71 ± 1.2	6.37 ± 0.25	5.08 ± 0.21	0.78	0.002
٧	ارتفاع مركز الكتلة	0.78 ± 0.02	0.89 ± 0.02	6.37 ± 0.25	5.08 ± 0.21	0.80	0.001
٨	السرعة المحيطية للذراع	15.2 ± 0.3	17.0 ± 0.3	6.37 ± 0.25	5.08 ± 0.21	0.83	0.001
٩	الشغل أثناء الدفع	210 ± 4.5	228 ± 4.2	6.37 ± 0.25	5.08 ± 0.21	0.84	0.001
١٠	الشغل العمودي	135 ± 3.2	147 ± 3.1	6.37 ± 0.25	5.08 ± 0.21	0.79	0.002

***قيمة " ت " الجدولية عند مستوي دلالة (٠.٠٥) = 2.262 *دال**

يتضح من بيانات جدول (١٤) أن معاملات الارتباط بين القوة الانفجارية ومؤشر التعب وبين المتغيرات البيوميكانيكية كانت مرتفعة ودالة إحصائيًا عند مستوى دلالة .($p \leq 0.05$) فعلى سبيل المثال، بلغت قيمة معامل الارتباط بين القوة الانفجارية وسرعة الاقتراب ٠.٨٢ مع دلالة إحصائية ٠.٠٠١، مما يشير إلى وجود علاقة قوية وإيجابية بين زيادة القوة الانفجارية وتحسن سرعة الاقتراب أثناء تنفيذ الضرب الساحق. وبالمثل، أظهرت متغيرات أخرى مثل مسافة الوثبة الأخيرة($R = 0.79$ ، $p = 0.002$) وزاوية الركبة($R = 0.76$ ، $p = 0.003$) وزاوية الدفع($R = 0.74$ ، $p = 0.004$) معاملات ارتباط مرتفعة، مما يؤكد أن القوة الانفجارية تسهم بشكل واضح في تحسين الخصائص التقنية للحركة.

علاوة على ذلك، بينت النتائج أن مؤشر التعب يقل بعد التدخل التدريبي، حيث انخفض من ٦.٣٧ ± ٠.٢٥ قبل التدريب إلى ٥.٠٨ ± ٠.٢١ بعده، مما يعكس تحسن القدرة اللاهوائية للمجموعة التجريبية. هذا التحسن في القدرة اللاهوائية يرتبط بشكل مباشر بالتحسن في جميع المتغيرات البيوميكانيكية، مثل سرعة الطيران($R = 0.81$ ، $p = 0.001$) وزاوية الطيران ($R = 0.78$ ،$p = 0.002$) وارتفاع مركز الكتلة($R = 0.80$ ، $p = 0.001$)، فضلاً عن السرعة المحيطية للذراع($R = 0.83$ ، $p = 0.001$) والشغل أثناء الدفع($R = 0.84$ ، $p = 0.001$)،

ما يعكس أن لاعبي الكرة الطائرة الذين زادت قوتهم اللاهوائية الانفجارية أصـــبحوا قادرين على تنفيذ الضرب الساحق بكفاءة أعلى وبمجهود عضلي أقل.

من ثم، تؤكد هذه النتائج صـــحة الفرضـــية الرابعة، إذ تبين أن هناك علاقة قوية وإيجابية بين تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية وتقليل مؤشـر التعب، وهو ما ينعكس بدوره على تحسـين الخصـائص البيوميكانيكية لمهارة الضـرب السـاحق. وعليه، يمكن الاسـتنتاج أن تطبيق برامج تدريبية مركزة على تطوير القوة اللاهوائية الانفجارية يســـهم بفاعلية في رفع جودة الأداء الفني للاعبي الكرة الطائرة، ويعد ذلك متسـقًا مع نتائج الدراسـات السـابقة التي أشـارت إلى تأثير القوة الانفجارية على تحســـين الأداء الفني والســـرعة والدقة في الألعاب الجماعية (Cormie, McGuigan, & Newton, 2011; Haff & Nimphius, 2012; Ziv & Lidor, 2010).

الاستنتاجات والتوصيات:_

اولاً_ الاستنتاجـــات:

في ضوء نتائج البحث وطبقاً للفترة الزمنية التي تم فيها تنفيذ البرنامج توصل الباحثان الى الاستنتاجات التالية:_

١. وجود فروق دالة إحصائيًا بين القياس القبلي والبعدي في مؤشر التعب لصالح القياس البعدي، ما يدل على أن البرنامج التدريبي ساهم في تقليل التعب العضلي وتحسين قدرة اللاعبين على أداء المهارة بكفاءة أكبر.

٢. أظهرت النتائج تحسنًا دالًا إحصائيًا في جميع المتغيرات البيوميكانيكية العامة بعد التدريب، بما في ذلك القوة، السرعة، وزوايا المفاصل، مما يشير إلى فاعلية البرنامج التدريبي في تطوير الخصائص الحركية الأساسية للاعبين.

٣. تبين وجود فروق دالة إحصائيًا بين القياس القبلي والبعدي في جميع المتغيرات البيوميكانيكية للقوة، لصالح القياس البعدي، مع زيادة القوة لحظة التماس، قوة الامتصاص، وأقصى قوة، وانخفاض زمن القوة، مما يعكس تحسين سرعة الأداء ودقته بعد التدريب.

٤. أظهرت نتائج معامل الارتباط وجود علاقة إيجابية ودالة إحصائيًا بين تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية ومؤشر التعب، مما يدل على أن القوة الانفجارية ساعدت في تقليل تأثير التعب على الخصائص البيوميكانيكية للضرب الساحق، وعززت القدرة على التحكم الحركي أثناء الأداء.

ثانياً_ التوصيـــــــات:

في ضوء نتائج البحث وطبقاً للفترة الزمنية التي تم فيها تنفيذ البرنامج توصل الباحثان الى التوصيات التالية:_

١. تصـــميم برامج تدريبية لتحســين القدرة على مقاومة التعب، باســتخدام تدريبات التحمل النوعي لمحاكاة ظروف الأداء التنافسي.

٢. دمج تدريبات القوة اللاهوائية الانفجارية لتعزيز الخصــائص البيوميكانيكية للقوة والسـرعة ودقة الضرب الساحق.

٣. متابعة وتحليل المتغيرات البيوميكانيكية بانتظام لتحديد نقاط القوة والضـــعف وتصـــميم برامج فردية أو جماعية فعالة.

٤. مراقبة مؤشـر التعب بشـكل مسـتمر لضـمان التوازن بين شـدة التدريب والأداء المثالي وتقليل مخاطر الإرهاق والإصابة.

٥. إجراء بحوث مســتقبلية على فئات عمرية مختلفة وعلى لاعبات الكرة الطائرة لضـــمان تعميم النتائج.

٦. تطوير برامج شـاملة تجمع بين القوة، التحمل، ودقة التحكم الحركي لتحسـين التكامل بين الأداء البدني والفني أثناء تنفيذ الضرب الساحق.

قائمـــــه المراجـــع:

اولاً_ المراجع باللغة العربية:

١. أحمد عبد الحميد عمارة، وآخرون. (٢٠٢٣). تأثير تدريبات شـدة قصـوى على الاتزان الحركي والضـرب السـاحق في الكرة الطائرة .*مجلة دراسـات وبحوث التربية الرياضـية*، ٢٨، ٧٧.-95.

٢. الطائي أحمد الطائي .(2020) .*مهارات كرة الطائرة: التحليل الفني والميكانيكي* .بغداد: دار العلوم الرياضية، .p. 57

٣. هيثم صـادق، وأحمد سـبع. (٢٠٢٣). تأثير تدريبات التحمل على المتغيرات الكينماتيكية لمهارة الضـرب السـاحق في الكرة الطائرة .*مجلة علوم الرياضـة والتربية البدنية*، ١٥، ١١٢.-130.

٤. عبد الفتاح محمد عبد الفتاح .(2016) .*تدريبات التحمل النوعي في الرياضات الجماعية* (الطبعة الأولى). القاهرة: دار الفكر الرياضي، .p. 109

ثانياً_ المراجع باللغة الانجليزية:

5. Anderson, P., Brown, L., & Taylor, J. (2017). Effects of short-term explosive anaerobic training on muscular power and lactate accumulation in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research, 31*(5), 1234-1242.

6. Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and methodology of training* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

7. Brown, K., & Miller, J. (2020). Short-duration high-intensity training and its impact on power and joint mechanics in elite athletes. *International Journal of Sports Science & Coaching, 15*(3), 367-379. https://doi.org/10.1177/1747954120914332

8. Chelly, M. S., Hermassi, S., Aouadi, R., & Shephard, R. J. (2019). Effects of explosive resistance training on physical performance in young male volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 33*(1), 77-85.

9. Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1 – Biological basis of maximal power production. *Sports Medicine, 41*(1), 17-38. https://doi.org/10.2165/11537670-000000000-00000

10. Coutts, A. J., & Reaburn, P. (2017). Monitoring fatigue and recovery in elite athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 12*(2), 145–153.
11. De Bleecker, C., Vanwanseele, B., & Jonkers, I. (2025). Biomechanical determinants of spike performance in volleyball under fatigue. *Journal of Biomechanics*, 112236.
12. Gabbett, T. J. (2016). The training—injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine, 50*(5), 273–280.
13. González-Badillo, J. J., Marques, M. C., & Sánchez-Medina, L. (2011). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine, 32*(5), 357–364.
14. González-Badillo, J. J., Sánchez-Medina, L., & Pareja-Blanco, F. (2011). Physical performance changes in elite volleyball players during a competitive season. *Journal of Sports Science & Medicine, 10*(2), 234–241.
15. González-Badillo, J. J., Sánchez-Medina, L., & Pareja-Blanco, F. (2011). Strength training effects on muscle power and sprint performance in athletes: A review. *Journal of Strength and Conditioning Research, 25*(3), 875–885. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d45d05
16. Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). Training principles for power development. *Strength and Conditioning Journal, 34*(6), 2–12. https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3182738c87
17. Johnson, M., Smith, R., & Thompson, L. (2018). Effects of anaerobic explosive strength training on biomechanical performance in volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 32*(5), 1345–1354. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002410
18. Jones, M., Roberts, K., & Williams, S. (2020). The role of anaerobic power training in enhancing biomechanical efficiency and skill execution in volleyball players. *Journal of Sports Performance and Science, 8*(2), 67–76.
19. Lin, C., Pan, C., & Huang, H. (2021). Effects of fatigue on volleyball spike biomechanics in adolescent athletes. *Journal of Sports Science & Medicine, 20*(2), 213–222.

20. Lin, K. H., Chang, C. Y., & Chen, Y. C. (2021). Neuromuscular adaptations to plyometric training in volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 35*(1), 131–139.
21. Markovic, G., Mikulic, P., & Sattler, T. (2020). Biomechanical analysis of spike performance in volleyball: The effect of fatigue on jump and arm mechanics. *Sports Biomechanics, 19*(1), 56–70.
22. McGuigan, M. R., Newton, R. U., & Triplett, N. T. (2018). Developing explosive strength for volleyball players: The role of anaerobic training. *Strength and Conditioning Journal, 40*(5), 130–138.
23. Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength and Conditioning Journal, 16*(5), 20–31.
24. Raeder, John, Smith, Laura, & Johnson, Peter. (2015). Fatigue index and performance decrement in explosive sports. *Journal of Sports Science, 33*(2), 91.
25. Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2018). Long-term training adaptations in volleyball players: Integrating strength, power, and skill. *International Journal of Sports Science & Coaching, 13*(1), 101–114.
26. Smith, R., & White, D. (2019). Anaerobic explosive training and its impact on fatigue index and performance in team sport athletes. *International Journal of Sports Science & Coaching, 14*(3), 245–254.
27. Vermeulen, S., Van der Stappen, A., & Cools, A. (2023). Explosive strength training in volleyball players: Effects on jump height and spike velocity. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 18*(6), 739–749.
28. Zatsiorsky, Vladimir M. (2002). *Kinetics of human motion*. Champaign, IL: Human Kinetics, p. 124.
29. Ziv, G., & Lidor, R. (2010). Vertical jump in female and male volleyball players: A review of observational and experimental studies. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 20*(4), 556–567.
30. Ziv, G., & Lidor, R. (2015). Physical and physiological attributes of female and male volleyball players—a review. *Journal of Strength and Conditioning Research, 29*(2), 573–589.