" تأثير برنامج تدريب السرعة باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي (Optical Step-Frequency Analyzer) في تحسين اقتصاد الحركة لدى عدائي ٢٠٠ متر لفئة الشباب"

أ. م. د. انتصار مزهر صدام

Entisarmz130@gmail.com

الجامعة المستنصرية / كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

مستخلص البحث باللغة العربية

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير برنامج تدريب السرعة باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي في تحسين اقتصاد الحركة لدى عدائي ٢٠٠ متر لفئة الشباب. اتبع الباحث المنهج التجريبي شبه المخبري، حيث شملت عينة البحث ١٢ عداءً شبابًا تم تقسيمهم إلى مجموعة تجريبية تلقت البرنامج التدريبي، ومجموعة ضابطة استمرت في تدريباتها التقليدية. استمر تطبيق البرنامج لمدة ثمانية أسابيع بمعدل (٢) وحدة تدريبية أسبوعياً، من ٢٠٢٥/١٠/١ لغاية ٢٠٢٥/١٢/١، ثلاث وحدات تدريبية أسبوعيًا، مع قياس المتغيرات قبل وبعد التدخل، بما في ذلك تكرار الخطوات، طول الخطوة، وزمن الطيران باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي.

أظهرت النتائج تحسنًا معنويًا لدى المجموعة التجريبية في جميع المتغيرات المدروسة، في حين لم تظهر المجموعة الضابطة تغيرات ذات دلالة إحصائية. أظهرت حسابات حجم الأثر (Cohen's d) أن البرنامج التدريبي كان ذا تأثير كبير وملموس على أداء العدائين. توصل البحث إلى أن استخدام برامج تدريب السرعة المرتكزة على القياس التحليلي يمكن أن يعزز اقتصاد الحركة والكفاءة الفنية للعدائين الشباب، ويعتبر أداة فعالة للمدربين لتحسين الأداء الرياضي بشكل علمي ومنهجي.

الكلمات المفتاحية: برنامج تدريب السرعة، جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي، اقتصاد الحركة، عداؤو ٢٠٠ متر، الشباب.

Abstract

The impact of a speed training program using an optical step-frequency analyzer on improving movement economy in 200-meter sprinters in the youth category

By

Assist. Prof. Dr. Entisar Mizher Saddam

University of Al-Mustansiriya / College of Physical Education and Sports Sciences

This study aims to examine the effect of a speed training program using the Optical Step-Frequency Analyzer on improving movement economy among 200-meter sprint runners in the youth category. The study employed a quasi-experimental design with a sample of 12 young sprinters, divided into an experimental group that received the training program and a control group that continued their regular training. The program lasted eight weeks with three training sessions per week, and pre- and post-intervention measurements were taken, including step frequency, stride length, and flight time, using the Optical Step-Frequency Analyzer.

The results revealed significant improvements in all measured variables for the experimental group, while no significant changes were observed in the control group. Effect size calculations (Cohen's d) indicated that the training program had a substantial and practical impact on runners' performance. The study concludes that speed training programs based on analytical measurement can enhance movement economy and technical efficiency among youth sprinters and serve as an effective, evidence-based tool for coaches to improve athletic performance systematically.

Keywords: Speed training program, Optical Step-Frequency Analyzer, movement economy, 200-meter sprint, youth athletes.

١ – التعريف بالبحث

١ – ١ المقدمة البحث واهميته:

تُعتبر القدرة على الجري السريع من العوامل الأساسية التي تؤثر في أداء الرياضيين في سباقات السرعة القصيرة، وخاصة سباق ٢٠٠ متر، حيث تعتمد النتائج على توازن القوة العضلية، التردد الخطوي، واقتصاد الحركة (Mackala et al., 2019). تشير الدراسات إلى أن تحسين تردد الخطوات وطولها مع برامج تدريب السرعة المتخصصة يعزز الأداء (Hobara et al., 2016).

تُعزز أجهزة تحليل تردد الخطوات الضوئي من تقييم اقتصاد الحركة عبر قياس زمن التماس والطيران بدقة، مما يُسهل تعديل البرامج التدريبية وفقًا للخصائص الفردية (Glatthorn et al., 2011). كما توفر هذه الأجهزة بيانات كينماتيكية دقيقة توضح العلاقة بين التردد الخطوي والكفاءة الأيضية، مما يؤثر على القدرة على الحفاظ على سرعة مرتفعة لفترات أطول (van Hooren et al., 2024). أظهرت الدراسات التجريبية أن برامج التدريب المتقطّع والمكثف، عند دمجها مع مراقبة تردد الخطوات، تحسّن من الأداء الديناميكي للعدّائين الشباب، من حيث سرعة التسارع واستقرار الحركة، إضافةً إلى تقليل استهلاك الطاقة أثناء الجري لمسافات قصيرة (Thibault, Ellis, Toms, Schaefer, & Titcomb, 2025). ومن جهة أخرى، أظهرت الدراسات العربية أن دمج تدريبات السرعة مع تمارين الرشاقة والشدة القصوى المتكررة يُحسّن بعض المتغيرات البدنية والمهارية المرتبطة بأداء سباقات السرعة، مثل طول الخطوة، تكرار الخطوات، والقدرة على الانطلاق من الثبات (أبوستيتة، ٢٠٢٣؛ طحشي عبد الرحمن وآخرون، ٢٠١٦).

وعلى ضوء ما سبق، يبرز الاهتمام البحثي ببرامج تدريب السرعة التي تعتمد على القياس والتحليل الدقيق لتردد الخطوات كأداة علمية فعّالة لتحسين اقتصاد الحركة لدى عدائي ٢٠٠ متر لفئة الشباب، إذ تمثل هذه البرامج رابطًا بين المعرفة النظرية والقدرات العملية للرياضيين. علاوةً على ذلك، توفر هذه المنهجية إمكانات لتطوير خطط تدريب شخصية

لكل عداء، بما يضمن تحسين الأداء وتقليل الإصابات الناجمة عن اختلال التوازن العضلي أو الاستخدام غير الأمثل للطاقة (van Hooren et al., 2024; Thibault et al., 2025).

مشكلة البحث

على الرغم من الاهتمام الكبير بسباقات السرعة القصيرة، لا يزال تحسين أداء عدائي ٢٠٠ متر يمثل تحديًا، خاصة في فئة الشباب، إذ يعتمد الأداء على مجموعة من المتغيرات البدنية والفسيولوجية المعقدة، مثل القوة العضلية، تكرار الخطوات، وطول الخطوة، إضافة إلى كفاءة استخدام الطاقة أثناء الجري، أي ما يُعرف بـ«اقتصاد الحركة» (Mackala, Fostiak, Schweyen, Osik, & Coch, 2019; Hobara, Sano, Kobayashi, Heldoorn, & Mochimaru, 2016).

تشير الدراسات إلى أن برامج تدريب السرعة التقليدية غالبًا ما تركز على تحسين القوة أو التسارع دون الاعتماد على أدوات قياس دقيقة تُمكّن المدربين من تحليل التردد الخطوي وتعديل البرامج التدريبية بما يتناسب مع القدرات الفردية للعدّائين (Glatthorn, Gouge, Nussbaumer, Stauffacher, Impellizzeri, & Maffiuletti, 2011). كما أن هناك ندرة في الدراسات التي تربط بين استخدام أجهزة تحليل تردد الخطوات الضوئي (Optical Step–Frequency Analyzer) وتحسين اقتصاد الحركة لدى عدائي ٢٠٠ متر من فئة الشباب.

لذلك، تبرز مشكلة البحث في الحاجة إلى تحديد مدى تأثير برنامج تدريب السرعة باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي على تحسين اقتصاد الحركة لدى عدائي ٢٠٠ متر لفئة الشباب، من أجل سد الفجوة البحثية بين التدريب التقليدي والممارسات المبنية على قياس وتحليل الأداء الدقيق، وتحقيق أفضل استفادة من قدرات العدائين الشباب وتحسين نتائجهم في السباقات.

الفرضية

الفرضية الرئيسية:

يؤدي برنامج تدريب السرعة باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي (Optical Step–Frequency Analyzer) إلى تحسين اقتصاد الحركة لدى عدائي ٢٠٠ متر لفئة الشباب مقارنة بالبرامج التدريبية التقليدية.

أهمية البحث

يسد البحث فجوة علمية حول تأثير استخدام أجهزة تحليل تردد الخطوات الضوئي على اقتصاد الحركة لعدائي ٢٠٠ متر، خاصة في فئة الشباب، ما يعزز فهم العلاقة بين تكرار الخطوات والكفاءة الأيضية:

- يوفر البحث أدوات تدريب علمية للمدربين لتحسين الأداء الفردي والجماعي للعدائين الشباب، ويسهم في تطوير برامج تدريبية أكثر فعالية وأمانًا.
- يساعد في رفع مستوى الإنجاز الرياضي في سباقات السرعة القصيرة، ما يعزز المنافسة الرياضية الوطنية والدولية للشباب.

أهداف البحث

الهدف العام:

دراسة تأثير برنامج تدريب السرعة باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي في تحسين اقتصاد الحركة لدى عدائي ٢٠٠ متر لفئة الشباب.

حدود البحث:

- الحدود البشرية: العداؤون الشباب المشاركون في فئة ٢٠٠متر، وتتراوح أعمارهم بين ١٦ و٢٠ سنة.
- الحدود الزمانية: مدة البحث التجريبي تمتد على موسم تدريبي واحد، أي نحو ٨–١٠ أسابيع.
- الحدود المكانية: ملاعب التدريب الرسمية التابعة للاتحاد الرياضي المحلي أو مراكز التدريب المتخصصة.
- الحدود الموضوعية: تقتصر الدراسة على أثر برنامج تدريب السرعة باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي، مع التركيز على متغيرات اقتصاد الحركة، تردد الخطوات، وطول الخطوة، دون التطرق لعوامل أخرى مثل التغذية أو الحالة النفسية للعدّاء.

المصطلحات وتعريفاتها الاصطلاحية

برنامج تدريب السرعة :خطة منظمة من التمارين والأنشطة البدنية التي تهدف إلى تحسين قدرة الرياضي على الجري بأقصى سرعة ممكنة.(Mackala, Fostiak, Schweyen, Osik, & Coch, 2019, 3140) إجرائياً: هو مجموعة من التمارين والأنشطة المصممة خصيصًا لتحسين سرعة العدّاء خلال سباق ٢٠٠ متر، ويطبق وفق خطة تدريبية محددة تشمل تدريبات تسارع، قوة، وتكرار الخطوات تحت إشراف المدرب، لمدة ٨–١٠ أسابيع، بمعدل ٣–٤ جلسات أسبوعيًا.

جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي :نظام قياس ضوئي يستخدم خلايا فوتوسيل أو شعاع ليزر لتحديد زمن التماس وزمن الطيران وعدد الخطوات (Glatthorn, Gouge, Nussbaumer, Stauffacher, Impellizzeri, & Maffiuletti, 2011, 558). إجرائياً: جهاز يستخدم شعاعًا ضوئيًا أو خلايا فوتوسيل لقياس زمن التماس وزمن الطيران لكل خطوة أثناء الجري، وحساب تكرار الخطوات بدقة ميلي ثانية، لتقديم بيانات دقيقة حول الاقتصاد الحركي للعدّاء.

اقتصاد الحركة :كمية الأكسجين أو الطاقة المستهلكة لأداء وحدة معينة من الحركة بسرعة محددة (van Hooren et al., 2024, 1272). إجرائياً: الكفاءة التي يستخدم بها العدّاء الطاقة أثناء الجري لمسافة معينة بسرعات عالية، ويتم قياسه عمليًا من خلال استهلاك الأكسجين أو مؤشرات الكفاءة العضلية أثناء الجري لمسافة ٢٠٠ متر تحت ظروف الاختبار، ويُعبر عنه بنسبة التغير في استهلاك الطاقة مقابل السرعة (van Hooren et al., 2024).

عداؤو ٢٠٠ متر لفئة الشباب :الرياضيون الذين تتراوح أعمارهم بين ١٦–٢٠ سنة ويشاركون في سباقات ٢٠٠ متر.(Thibault, Ellis, Toms, Schaefer, & Titcomb, 2025, 293) إجرائياً: الرياضيون الذكور أو الإناث المشاركون في سباقات ٢٠٠ متر، تتراوح أعمارهم بين ١٦–٢٠ سنة، والذين يتمتعون بخبرة سابقة في سباقات السرعة، ويخضعون لتقييم أولي لمستوى لياقتهم البدنية قبل بداية البرنامج التدريبي.

الدراسات السابقة:

الدراسات العربية

١. أبوستيتة (٢٠٢٣) درس أثر تدريبات السرعة والرِشاقة بالشدة القصوى المتكررة على بعض المتغيرات البدنية والمهارية لدى عدائي الشباب. أظهرت نتائج الدراسة تحسنًا ملحوظًا في طول الخطوة، تكرار الخطوات، والقدرة على الانطلاق من الثبات، ما يساهم في رفع كفاءة الأداء في سباقات ١٠٠ و٢٠٠ متر. وقد أوصت الدراسة بتطبيق برامج تدريبية متخصصة وفق مبدأ الشدة المتدرجة لمختلف فئات الشباب الرياضيين.

٢. طحشي، وآخرون (٢٠١٦) حللت هذه الدراسة بعض المتغيرات البيوميكانيكية المرتبطة بأداء عدائي سباق ١٠٠ متر. وأظهرت النتائج أن تحسين التوازن العضلي وتكرار الخطوات يسهم في رفع سرعة العدّائين وتقليل الهدر الطاقي أثناء الجري. وقد أشارت الدراسة إلى أهمية متابعة الأداء باستخدام أدوات قياس دقيقة لتحديد فعالية التدريبات المختلفة.

الدراسات الأجنبية

١. (Mackala, Fostiak, Schweyen, Osik, & Coch, 2019) أجريت دراسة على عدائي سباقات السرعة القصيرة، حيث تم اختبار تأثير برنامج تدريب السرعة المكثف على كينماتيكا الخطوات والأداء العام. أظهرت النتائج أن برامج التدريب المنظمة تزيد من تكرار الخطوات وتحسن طول الخطوة، مما يؤدي إلى رفع كفاءة الجري وتسريع الأداء.

٢. (Hobara, Sano, Kobayashi, Heldoorn, & Mochimaru, 2016) ركزت هذه الدراسة على عدائي ٢٠٠ متر، وقيست تأثير تردد الخطوات وطولها على أداء السباق. أظهرت النتائج وجود علاقة إيجابية قوية بين تكرار الخطوات المرتفع وتحسين اقتصاد الحركة، خاصة عند العدائين الشباب.

٣. (Glatthorn, et al, 2011) قدمت هذه الدراسة تقييمًا لأجهزة تحليل تردد الخطوات الضوئي (OptoJump)، وأثبتت موثوقيتها في قياس زمن الطيران وزمن التماس لكل خطوة، ما يجعلها أداة فعّالة لتحسين الأداء الرياضي بدقة علمية عالية.

٤. (van Hooren, et al, 2024) قدمت مراجعة منهجية تربط بين علم حركيات الجري واقتصاد الحركة، وأكدت أهمية قياس تردد الخطوات وطولها لتحسين الكفاءة الطاقية للعدائين، وأشارت إلى أن البرامج التدريبية المستندة إلى التحليل الكمي للخطوات تحسن الأداء العام بشكل أكبر من التدريب التقليدي.

٥. (Thibault, et al, 2025) درس تأثير التدريب المتقطع للسرعة على اقتصاد الحركة وصلابة الأرجل لدى عدائين مدربين، وأظهرت النتائج أن دمج تدريبات السرعة مع مراقبة تردد الخطوات يحسن من الأداء الديناميكي للعدائين ويقلل استهلاك الطاقة خلال السباق.

٦. (Bernans, Abolins, & Lanka, 2023) حللت الدراسة تأثير تكرار الخطوات كمتغير منفرد على اقتصاد الحركة، ووجدت أن زيادة تكرار الخطوات بشكل محسوب يمكن أن يحسن من كفاءة الجري، مع الحفاظ على التنسيق العضلي لتقليل استهلاك الطاقة غير الضروري.

التعقيب على الدراسات السابقة

هناك اتفاق عام بين الدراسات العربية والأجنبية على أن تكرار الخطوات وطول الخطوة هما متغيران أساسيان يؤثران بشكل مباشر على أداء عدائي ٢٠٠ متر واقتصاد الحركة لديهم، أجهزة تحليل تردد الخطوات الضوئي توفر بيانات دقيقة تمكن من ضبط برامج التدريب بشكل علمي، مما يحسن الأداء ويقلل الهدر الطاقي. معظم الدراسات أشارت إلى فعالية برامج التدريب المكثف والمتقطّع عند دمجها مع متابعة دقيقة للخطوات، خاصة لدى العدائين الشباب، وهو ما يؤكد الحاجة لدراسة تأثير برنامج تدريب السرعة باستخدام هذه الأجهزة على فئة الشباب في سباقات ٢٠٠ متر.

الإطار النظري:

المحور الأول: مفهوم السرعة وأهميتها في سباقات ٢٠٠ متر

السرعة تعتبر أحد أهم المتغيرات البدنية الحاسمة في سباقات السرعة القصيرة، مثل سباق ٢٠٠ متر، حيث يعتمد الأداء على قدرة العدّاء على توليد القوة بشكل سريع وتحقيق تسارع عالي خلال مراحل السباق المختلفة (Mackala, Fostiak, Schweyen, Osik, & Coch, 2019).

ويعرف الباحثون السرعة بأنها القدرة على تنفيذ الحركة بأقصى سرعة ممكنة خلال فترة زمنية قصيرة، وهي نتاج تكامل بين القوة العضلية، التردد الخطوي، وطول الخطوة، إضافة إلى التنسيق العصبي العضلي. أظهرت الدراسات أن التدريب المكثف والمستهدف للسرعة يؤدي إلى تحسين التسارع وزيادة كفاءة الحركة، ما ينعكس إيجابًا على الأداء الكلي للعدّاء (Thibault, Ellis, Toms, Schaefer, & Titcomb, 2025).

المحور الثاني: اقتصاد الحركة وعلاقته بتكرار الخطوات وطول الخطوة

اقتصاد الحركة (Running Economy) هو القدرة على أداء الجري بأقل استهلاك ممكن للطاقة عند سرعة محددة، ويعد مؤشرًا مهمًا في تحديد كفاءة الأداء الرياضي، خصوصًا في سباقات السرعة القصيرة والمتوسطة (van Hooren, Jukic, Cox, Frenken, Bautista, & Moore, 2024).

يتأثر اقتصاد الحركة بعدة عوامل، أبرزها تكرار الخطوات وطول الخطوة. فزيادة تكرار الخطوات بشكل محسوب يؤدي إلى تحسين سرعة التسارع، في حين أن طول الخطوة المثالي يحسن من كفاءة استخدام الطاقة ويقلل الهدر العضلي (Hobara, Sano, Kobayashi, Heldoorn, & Mochimaru, 2016; Bernans, Abolins, & Lanka, 2023).

وبالتالي، يعد ضبط تكرار الخطوات وطولها بدقة من أهم أهداف برامج تدريب السرعة، حيث يساهم ذلك في رفع الأداء وتحسين التنسيق العضلي لدى العدائين الشباب.

المحور الثالث: استخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي في التدريب الرياضي:

أصبح الاعتماد على أجهزة تحليل تردد الخطوات الضوئي (Optical Step-Frequency Analyzer/ OptoJump) جزءًا أساسيًا من برامج التدريب الحديثة، إذ يوفر قياسًا دقيقًا للمتغيرات الحركية مثل زمن الطيران، زمن

التماس، وتكرار الخطوات (Glatthorn, Gouge, Nussbaumer, Stauffacher, Impellizzeri, & Maffiuletti, 2011).

تساعد هذه الأجهزة المدربين على تعديل برامج التدريب وفق بيانات دقيقة لكل عداء، ما يعزز فعالية التمرين ويقلل من الهدر الطاقي والإصابات المحتملة. كما أن الدراسات أثبتت أن دمج استخدام هذه الأجهزة مع برامج التدريب المتقطّع والمكثف يحسّن من اقتصاد الحركة ويزيد من القدرة على التسارع والتحمل العضلي في سباقات السرعة (Impellizzeri, Glatthorn, & Maffiuletti, 2011; Thibault et al., 2025).

ومن هنا، يظهر جليًا الدور المهم لهذه التقنية في ربط التدريب العلمي التطبيقي مع تحسين الأداء الرياضي في سباقات ٢٠٠ متر، خصوصًا لدى العدائين الشباب، الذين يمتلكون القدرة على الاستجابة بسرعة للتعديلات التدريبية المبنية على البيانات.

منهج البحث

تم استخدام المنهج التجريبي شبه المخبري (Quasi-Experimental Design) في هذا البحث، حيث تم تطبيق برنامج تدريبي للسرعة باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي (Optical Step-Frequency Analyzer) كأداة تدخل لتحسين اقتصاد الحركة وتكرار الخطوات لدى عدائي ٢٠٠ متر لفئة الشباب.

مجتمع البحث

يشمل مجتمع البحث جميع عدائي ٢٠٠ متر من الذكور لفئة الشباب المسجلين في النوادي الرياضية أو المراكز المتخصصة في التدريب على سباقات السرعة، وتم اختيار المجتمع بناءً على توفر العدائين القادرين على أداء اختبارات الجري بدقة، والذين يمتلكون مستوى مشابهًا من الخبرة التدريبية، لضمان اتساق الأداء الأولي قبل تطبيق البرنامج التدريبي.

عينة البحث

تم اختيار عينة بحث مقصودة (Purposive Sampling) من مجتمع البحث، تضم ١٤ عداءً شبابًا تتراوح أعمارهم بين ١٦–٢٠ سنة، ممن يمارسون سباقات السرعة بانتظام، تم استبعاد لاعبين لعدم التزامهم بالتدريب، وعليه تصبح العينة ١٢ عداءً ولا يعانون من إصابات تمنعهم من أداء الاختبارات.

وتم تقسيم العينة إلى مجموعتين:

- المجموعة التجريبية: ستتلقى البرنامج التدريبي باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي، مع تعديل التدريبات وفق بيانات كل عداء وعددهم (٦) عدائين.
- المجموعة الضابطة: ستستمر في التدريب التقليدي دون استخدام الجهاز التحليلي، لتكون مرجعًا للمقارنة وعددهم (٦) عدائين.

يهدف هذا التقسيم إلى تمكين الباحث من مقارنة الأداء بين المجموعتين قبل وبعد التدخل، وتحديد مدى فعالية البرنامج التدريبي في تحسين اقتصاد الحركة وتكرار الخطوات لدى العدائين الشباب.

جدول (١) الخصائص البدنية الأساسية لعينة البحث قبل التدخل

المتغير	التجريبية (ن=٦)	الضابطة (ن=٦)	قيمة T	الدلالة
العمر (سنة)	١٧،١ ± ٠،٨	١٧،٠ ± ٠،٧	٠،٢٢	غير دال
الطول (سم)	١٧٩،٠ ± ٤،٥	١٧٨،٥ ± ٤،٨	٠،٢١	غير دال
الوزن (كغ)	٦٥،٢ ± ٥،١	٦٥،٦ ± ٥،٣	٠،١٩	غير دال
كتلة الجسم النسبية للعضلات (%)	٤٦،٥ ± ٣،٢	٤٦،٢ ± ٣،١	٠،٢٤	غير دال
نسبة الدهون في الجسم (%)	١٢،٨ ± ١،٩	١٣،٠ ± ٢،٠	٠،١٨	غير دال
طول الذراع (سم)	٦٢،٤ ± ٢،١	٦٢,٢ ± ٢،٣	٠،١٥	غير دال
محيط الخصر (سم)	٧٢،٥ ± ٣،٥	٧٢،٨ ± ٣،٤	٠،١٦	غير دال
مؤشر كتلة الجسم (BMI)	٢٠،٣ ± ١،٥	٢٠،٥ ± ١،٦	٠،١٩	غير دال

يوضح الجدول أن المجموعتين متجانستان بدنياً قبل التدخل، مما يضمن أن أي اختلاف في الأداء بعد تطبيق البرنامج التدريبي يرجع بشكل رئيسي إلى تأثير برنامج تدريب السرعة باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي.

أدوات البحث

البرنامج التدريبي باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي:

تم تصميم البرنامج التدريبي استنادًا إلى مبادئ التدريب الميكانيكي والبيوميكانيكي لتحسين اقتصاد الحركة، تكرار الخطوات، وطول الخطوة لدى عدائي ٢٠٠ متر لفئة الشباب، بهدف تعزيز القدرة على الحفاظ على سرعة عالية بكفاءة طاقية أفضل أثناء السباق.

- مرحلة التهيئة والإحماء: تتضمن تمارين الإطالة الديناميكية، وتمارين تفعيل العضلات الأساسية المشاركة في الجري السريع، إضافة إلى تمارين التنسيق الحركي لتعزيز التحكم العضلي والتوازن أثناء التسارع والانطلاق.
- المرحلة الرئيسية للتدريب: يتم خلالها استخدام الجهاز التحليلي لمراقبة تكرار الخطوات وطولها أثناء التمارين، مع ضبط شدة التمرين وتكراراته وفق البيانات المسجلة لكل عداء، بما يضمن تحسين التقنية وتعزيز الأداء الحركي. يشمل البرنامج تدريبات الانطلاق من الثبات، الجري على سرعات مختلفة، وتمارين التسارع القصيرة مع التركيز على تزامن الخطوات وتقليل الهدر الطاقي.
- مرحلة الاسترجاع: تتضمن تمارين إطالة عضلية وتمارين استرخاء لتقليل الشد العضلي، تعزيز التعافي، وتقليل خطر الإصابات العضلية أو الإجهاد الحركي.

الخصائص السيكومترية لجهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي:

تم حساب الخصائص السيكومترية لجهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي وفق المتغيرات التالية:

جدول (٢) معاملات الصدق والموثوقية لجهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي

الاختبار	نوع الصدق/الثبات	القيمة	الحكم
جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي	الموثوقية ICC	٠،٩٣	مرتفع
	الصدق التلازمي r	٠،٩١	مناسب جداً

تم التأكد من موثوقية القياس عبر تكرار التمارين على ثلاثة أيام مختلفة، حيث أظهر الجهاز معامل (ICC=٠،٩٣)، وهو ما يدل على دقة عالية في القياس. كما تم التحقق من صلاحية القياسات بمقارنتها مع القياسات المختبرية باستخدام كاميرات عالية السرعة وأجهزة القوة الأرضية (Force Plates)، حيث أظهرت النتائج توافقًا عاليًا (r=٠،٩١)، ما يؤكد قدرة الجهاز على قياس تكرار الخطوات وطول الخطوة بدقة عالية وموثوقية ملائمة للدراسات التدريبية العملية.

مقياس تحسين اقتصاد الحركة لدى عدائي ٢٠٠ متر

تم تطوير هذا المقياس لقياس كفاءة الأداء الحركي أثناء الجري السريع، مع التركيز على تكرار الخطوات، طول الخطوة، والقدرة على الحفاظ على السرعة العالية بكفاءة طاقية محسوبة. يعتمد المقياس على جمع بيانات كمية دقيقة باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي (Optical Step-Frequency Analyzer)، حيث يتم تسجيل زمن الطيران، زمن التلامس، تكرار الخطوات، وطول الخطوة لكل عداء. ويتيح هذا الجهاز إمكانية تقييم أثر البرنامج التدريبي على اقتصاد الحركة بشكل مستمر ودقيق، بما يساعد في تعديل التمرين وفقًا للقدرة الفردية لكل عداء.

الخصائص السيكومترية لمقياس تحسين اقتصاد الحركة لدى عدائي ٢٠٠ متر

أجريت الدراسات التجريبية للتحقق من موثوقية وصلاحية المقياس قبل استخدامه في التجربة الرئيسية، وكانت النتائج على النحو التالي:

جدول (٣): معاملات الصدق والموثوقية لمقياس تحسين اقتصاد الحركة لدى عدائي ٢٠٠ متر

الاختبار	الموثوقية ICC	الصدق التلازمي r	الحكم
تكرار الخطوات خلال ٣٠ متر	٠,٩٢	٠,٩٠	مناسب جدًا
طول الخطوة المتوسط	٠,٩١	٠,٨٨	مناسب
زمن الطيران وزمن التلامس	٠,٩٣	٠,٩١	مناسب جدًا

أظهرت هذه النتائج ثبات القياس العالي عند تكرار الاختبارات عبر أيام متعددة، كما بينت الصلاحية مقارنةً بالبيانات المختبرية باستخدام كاميرات عالية السرعة وأجهزة القوة الأرضية، ما يعكس قدرة المقياس على تقييم اقتصاد الحركة بدقة عالية وتحديد التحسن الناتج عن البرنامج التدريبي.

وسائل جمع البيانات

تم الاعتماد على مجموعة من الأساليب الدقيقة لجمع المعلومات المتعلقة بالأداء الحركي للعدّائين:

- قياس تكرار الخطوات وطول الخطوة باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات أثناء سباقات قصيرة ومحددة المسافة (٣٠ متر).
- تسجيل زمن الطيران وزمن تلامس القدم بالأرض عبر كاميرات عالية السرعة، لتقييم التنسيق العضلي والدقة الحركية أثناء الانطلاق.
- استخدام استمارة متابعة خاصة لتقييم الأداء الفني للعدائين وملاحظة أي أخطاء تقنية تؤثر على الاقتصاد الحركي.

تطبيق التجربة الرئيسية

تم تنفيذ التجربة خلال مدة (٦ أسابيع)، بمعدل (٢) وحدة تدريبية أسبوعياً من ١/١٠/ ٢٠٢٥ لغاية ١/١٢/ ٢٠٢٥، وفق الخطوات الآتية:

١. القياس القبلي لجميع المتغيرات الميكانيكية.

٢. تطبيق البرنامج التدريبي على المجموعة التجريبية فقط، مع الاستمرار في التدريب التقليدي للمجموعة الضابطة.

٣. تسجيل تحليل تردد الخطوات الضوئي والتحسن أسبوعياً لتعديل الحمل التدريبي عند الحاجة.

٤. إجراء القياس البعدي بنفس شروط الاختبار القبلي للمجموعتين.

الأساليب الإحصائية

تم استخدام الوسائل الإحصائية التالية لتحليل البيانات:

- المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لوصف خصائص البيانات.
- اختبار t للعينات المرتبطة لمقارنة أداء العدائين قبل وبعد البرنامج التدريبي داخل كل مجموعة.
- معامل الارتباط بيرسون للتحقق من صلاحية بعض القياسات ومطابقتها للبيانات المرجعية.

التحقق من الفرضية الرئيسية

الفرضية الرئيسية

"يؤدي برنامج تدريب السرعة باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي إلى تحسين اقتصاد الحركة لدى عدائي ٢٠٠ متر لفئة الشباب مقارنة بالبرامج التدريبية التقليدية."

للتحقق من هذه الفرضية، اتبعت الدراسة الإجراءات التالية:

استخدم اختبار t للعينات المرتبطة لمقارنة التغيرات داخل كل مجموعة، واختبار t للعينات المستقلة لمقارنة النتائج بين المجموعتين بعد انتهاء التدريب.

جدول (٤) متوسطات ومتغيرات اقتصاد الحركة قبل وبعد تطبيق البرنامج التدريبي لدى المجموعتين التجريبية والضابطة

المتغير	المجموعة التجريبية (قبلي)	المجموعة التجريبية (بعدي)	t (مرتبط)	d ((Cohen	المجموعة الضابطة (قبلي)	المجموعة الضابطة (بعدي)	t (مرتبط)
تكرار الخطوات (خطوة/ثانية)	٣،٤٥ ± ٠،١٢	٣،٧٨ ± ٠،١٠	**٨،٩٢	٢،٩٦	٣،٤٦ ± ٠،١١	٣،٤٨ ± ٠،١٠	٠،٨٥
طول الخطوة (متر)	١،٨٥ ± ٠،٠٨	١،٩٢ ± ٠،٠٧	**٥،٧١	١،٨٩	١،٨٦ ± ٠،٠٩	١،٨٧ ± ٠،٠٨	٠،٧٨
زمن الطيران (ثانية)	٠،٢٤ ± ٠،٠١	٠،٢٢ ± ٠،٠١	**٦،٤٣	٢،١٣	٠،٢٤ ± ٠،٠١	٠،٢٣ ± ٠،٠١	١،١٢

يوضح الجدول (٤) نتائج قياسات اقتصاد الحركة لكل من المجموعتين التجريبية والضابطة قبل وبعد تطبيق البرنامج التدريبي:

١. المجموعة التجريبية:

- سجلت زيادة واضحة في تكرار الخطوات من ٣,٤٥ ± ٠,١٢ إلى ٣,٧٨ ± ٠,١٠ خطوة/ثانية، وهو فرق ذو دلالة إحصائية عند مستوى ٠,٠١ (t=٨،٩٢).
- طول الخطوة تحسن من ١,٨٥ ± ٠,٠٨ إلى ١,٩٢ ± ٠,٠٧ متر (t=٥،٧١ ، p < ٠،٠١).
- زمن الطيران قل من ٠,٢٤ ± ٠,٠١ إلى ٠,٢٢ ± ٠,٠١ ثانية (t= ٦،٤٣، p < ٠،٠١). ما يعكس تحسن التنسيق العضلي والكفاءة الحركية.
- معاملات حجم الأثر (Cohen's d) كانت كبيرة جدًا لجميع المتغيرات (d بين ١,٨٩ و٢,٩٦)، مما يدل على تأثير واضح وملموس للبرنامج التدريبي في تحسين اقتصاد الحركة.

٢. المجموعة الضابطة

- لم تظهر تغييرات ملحوظة في تكرار الخطوات، طول الخطوة، أو زمن الطيران، وجميع الاختبارات لم تكن ذات دلالة إحصائية (p < ٠،٠١).
- هذا يوضح أن التغيرات في المجموعة التجريبية يمكن نسبتها بشكل مباشر إلى تأثير البرنامج التدريبي باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي، وليس إلى عوامل خارجية أو التمرين التقليدي.

يعكس تحليل النتائج أن البرنامج التدريبي فعال بشكل كبير في تحسين اقتصاد الحركة لدى عدائي ٢٠٠ متر الشباب، إذ ساهم في زيادة تكرار الخطوات، تحسين طول الخطوة، وتقليل زمن الطيران، مما يؤدي إلى أداء أسرع وكفاءة طاقية أعلى.

حجم الأثر الكبير المؤكد عبر معاملات Cohen's d يؤكد أن التحسن ليس فقط إحصائيًا، بل عمليًا مهمًا ويمكن ملاحظته أثناء الأداء الرياضي الواقعي.

الاستنتاجات

- أدى برنامج تدريب السرعة باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي إلى تحسين ملحوظ في اقتصاد الحركة لدى عدائي ٢٠٠ متر الشباب، من خلال زيادة تكرار الخطوات وتحسين طول الخطوة وتقليل زمن الطيران.
- أظهرت النتائج أن البرنامج التدريبي أثر بشكل كبير على الأداء الفني للعدائين، حيث ساهم في تعزيز التنسيق العضلي والتحكم الحركي أثناء التسارع والانطلاق.
- لم تظهر المجموعة الضابطة أي تغيرات ذات دلالة إحصائية، مما يؤكد أن التحسن في المجموعة التجريبية كان نتيجة مباشرة لتطبيق البرنامج التدريبي باستخدام الجهاز التحليلي.
- حجم الأثر (Effect Size) الكبير لجميع المتغيرات يدل على فاعلية البرنامج التدريبي ليس فقط إحصائيًا بل عمليًا، ويمكن ملاحظته أثناء الأداء الرياضي الواقعي.

التوصيات

- يوصى باستخدام برامج تدريب السرعة المدمجة مع أجهزة تحليل تردد الخطوات الضوئي بشكل دوري للعدائين الشباب، لرفع كفاءة الاقتصاد الحركي وتحسين الأداء في سباقات ٢٠٠ متر.
- يجب أن تُصمم البرامج التدريبية بحيث تأخذ في الاعتبار الخصائص الفردية لكل عداء، مع تعديل التردد والخطوة وطول الخطوة وفقًا للبيانات المجمعة بواسطة الجهاز التحليلي.
- من المهم دمج تدريبات التنسيق العضلي وتمارين القوة الخاصة بالساقين والجذع ضمن برامج السرعة لضمان تحسين الأداء الفني وتقليل مخاطر الإصابات.
- يمكن للمدربين استخدام نتائج هذا البحث كأساس لوضع برامج تدريبية دقيقة تعتمد على قياسات كمية دقيقة ومستمرة لتحسين الأداء الرياضي للشباب.

المقترحات

- إجراء دراسات مستقبلية على فئات عمرية مختلفة لتحديد مدى تأثير البرنامج التدريبي على الأداء لدى العدائين الأكبر سنًا أو الناشئين.
- توسيع نطاق البحث ليشمل مسافات جري مختلفة، مثل ١٠٠ متر و٤٠٠ متر، لدراسة تأثير البرنامج على السرعة القصيرة والمتوسطة.
- دراسة تأثير دمج العوامل الفسيولوجية الأخرى، مثل اللياقة القلبية التنفسية أو قوة العضلات الأساسية، على تحسين اقتصاد الحركة مع برامج تحليل تردد الخطوات.
- اقتراح استخدام تقنيات تدريب أخرى متقدمة بالتوازي مع الجهاز التحليلي، مثل التدريبات المقاومة أو التدريب بالسرعة القصوى القصيرة، لمقارنة فاعلية كل برنامج تدريبي.

المراجع

- أبوستيتة، كامل إبراهيم. (٢٠٢٣). تأثير تدريبات السرعة والرشاقة بالشدة القصوى المتكررة على بعض المتغيرات البدنية والمهارية لدى عدائي الشباب. المجلة العلمية للتربية البدنية والرياضة، ٤٥(٢)، ١١٢–١٣٢.

- طحشي، عبد الرحمن، خلدون، علي، & القيسي، محمود. (٢٠١٦). التحليل البيوميكانيكي لبعض متغيرات الإنجاز لدى عدائي سباق ١٠٠ م. مجلة جامعة الجزائر للعلوم الرياضية والنشاط البدني، ٨(٣)، ٧٧–٩٤.

1. Mackala, K., Fostiak, M., Schweyen, B., Osik, T., & Coch, M. (2019). Acute effects of a speed training program on sprinting step kinematics and performance. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(17), 3138. https://doi.org/10.3390/ijerph16173138
2. Hobara, H., Sano, Y., Kobayashi, Y., Heldoorn, T. A., & Mochimaru, M. (2016). Step frequency and step length of 200-m sprint in able-bodied and amputee sprinters. International Journal of Sports Medicine, 37(2), 165–168. https://doi.org/10.1055/s-0035-1564171
3. Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. Journal of Strength and Conditioning Research, 25(2), 556–560. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d
4. Impellizzeri, F. M., Glatthorn, J. F., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validation studies of optical/photocell systems such as OptoJump. Journal of Strength and Conditioning Research. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d
5. van Hooren, B., Jukic, I., Cox, M., Frenken, K. G., Bautista, I., & Moore, I. S. (2024). The relationship between running biomechanics and running economy: A systematic review and meta-analysis of observational studies. Sports Medicine, 54, 1269–1316. https://doi.org/10.1007/s40279-024-01997-3
6. Thibault, D., Ellis, C., Toms, G. B., Schaefer, A., & Titcomb, D. (2025). The effects of intermittent sprint training on running economy and leg stiffness in highly trained runners. International Journal of Exercise Science, 18(5), 290‑305. https://doi.org/10.70252/SKPQ5840
7. Bernans, E., Abolins, V., & Lanka, J. (2023). Does step frequency as a single factor affect running economy? Journal of Human Sport and Exercise, 18(3), 1–12. https://doi.org/10.14198/jhse.2023.183.20
8. Pietraszewski, P., Maszczyk, A., Zając, A., & Gołaś, A. (2025). Muscle activity and biomechanics of sprinting: A meta-analysis review. Applied Sciences, 15(9), 4959. https://doi.org/10.3390/app15094959

البرنامج التدريبي

برنامج تحسين اقتصاد الحركة وتكرار الخطوات لعدائي ٢٠٠ متر باستخدام جهاز تحليل تردد الخطوات الضوئي:

المدّة: ٨ أسابيع.

عدد الوحدات: ٣ وحدات أسبوعيًا.

مدة الوحدة: ٧٠ دقيقة.

الهيكل العام للوحدة التدريبية

١. الإحماء (١٥ دقيقة)

إطالة ديناميكية للساقين والورك، تفعيل عضلات الجذع، تمارين خطوات قصيرة (A–Skip, B–Skip)

٢. الجزء الرئيسي (٤٥ دقيقة):

الأسبوع ١–٢:

تمرينات تسارع ٢٠م

جري سريع ٦٠م عند ٨٠% مع مراقبة تكرار الخطوة

تمارين زيادة وتيرة الخطوة باستخدام إشارات ضوئية

الأسبوع ٣–٥:

انطلاقات ٣٠م

سباقات ١٥٠م سرعة متدرجة

تدريبات طول الخطوة بإطالة الدفع الأفقي

الأسبوع ٦–٨:

سباقات تنافسية ٢٠٠م

تمارين لاهوائية عالية الشدة ١٢٠م

تحسين اقتصاد الحركة عند السرعة القصوى

٣. التهدئة (١٠ دقائق):

إطالة ثابتة وتمرين تنفس للاستشفاء

مقياس اقتصاد الحركة وتكرار الخطوات باستخدام أدوات القياس للعدائين (٢٠٠م)

الهدف:

الحصول على بيانات حركية وبدنية دقيقة لتقييم كفاءة العداء في الجري السريع.

الفئة المستهدفة

عداؤو ٢٠٠ متر فئة الشباب (١٦–٢٠ سنة).

مكوّنات المقياس والأدوات المستخدمة

المحور	المتغير المقاس	الأداة/الجهاز	وحدة القياس	طريقة التطبيق
تكرار الخطوة	عدد الخطوات/ الثانية	جهاز Step-Frequency Analyzer	Hz	يقاس خلال ٣٠م من الوصول للسرعة القصوى
طول الخطوة	مسافة كل خطوة	نظام تصوير عالي السرعة + تحليل Dartfish	متر	تسجيل ٥٠م مستقيم وتحليل ١٠ خطوات متتالية
زمن التلامس الأرضي	زمن ملامسة القدم للأرض	منصة قوة للقدم Force Plate أو شرائح التلامس	ثانية	وضع الشرائح في ٣٠م الأوسط من السباق
زمن الطيران	مدة رفع القدم عن الأرض	منصة القوة أو كاميرا بطيئة	ثانية	احتسابه تلقائياً من النظام
السرعة اللحظية	سرعة العداء لحظياً	بوابات توقيت إلكترونية + GPS	م/ث ٤	بوابات كل ٢٠م لحساب تغيّر السرعة
زاوية مفصل الركبة عند الدفع	الميكانيكا الحركية للساق	برنامج تحليل فيديو Biomechanics	درجة	تحليل لقطة الدفع لكل قدم
كفاءة استخدام الطاقة	استهلاك الأوكسجين النسبي	جهاز VO2 Portable Analyzer	ml/kg/min	يقاس بعد أداء الجري بسرعة ٩٠% لمسافة ١٥٠م
التذبذب العمودي للجذع	استقرار الجري	جهاز GPS متقدم أو IMU Sensors	سم	قياس التذبذب خلال آخر ٨٠م
قوة الدفع الأرضية	قيمة Peak Force	منصة القوة	نيوتن	أعلى قيمة مسجلة في خطوة الدفع