Sports Culture 16 (1) (2025) 321-373

http://doi.org/10.25130/sc.25.1.22

Sports Culture

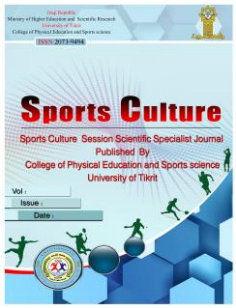
IRAQI Academic Scientific Journals

العراقية المجلات الاكاديمية العلمية

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

ISSN: 2073 – 9494

E-ISSN: 2664 - 0988



The Relationship Between Postural Deviations and Kinematic Variables with Digital Performance Level in the 200-Meter Sprint

Laila Fathi Zaid AlKilani[1] Alhanouf bin saeed ،Shatha khormi ،Sarah Aldhafyan, Raghad Aldosri ، Layan Al-shaqawi ،Haifa Almutairi, Ryof Madkhali ،Lina Alnam ،Shoug bin Dawood, Ahlam alanzi, Fay al shammari ،Mazoon Bin Jolighem, Tasneem aljaber ، Hind Alotaibi ،Raghad Buarish

Princess Nourah bint Abdulrahman University - College of Sports Sciences and Physical Activity - Department of Physical Sport Sciences - Kingdom of Saudi Arabia

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

Article history:
-Received: 29/4/2025
-Accepted: 7/5/2025
-Available online: 30/6/2025

Keywords:

- Postural Deviations
- Kinematic Variables
- Digital Performance
- 200-Meter Sprint

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

Abstract

The Relationship Between Postural Deviations and Kinematic Variables with Digital Performance Level in the 200-Meter Sprint This study aimed to investigate the relationship between postural deviations in knee and ankle joint angles and selected kinematic variables, in relation to the digital performance level in the 200-meter sprint, with the objective of enhancing performance among female track and field athletes. The descriptive analytical approach was employed, using direct observation and motion analysis on a sample of 16 female students from the College of Sport Sciences and Physical Activity, during their performance of sprinting and walking tasks on the track. Postural assessment was conducted in the motion analysis laboratory using the Diers Formetric 4D optical scanning system. The results revealed varying degrees of correlation between the examined kinematic variables and sprinting speed. Most of these relationships were weak, whether positive or negative. However, a moderate positive correlation was found with the ankle joint angles, indicating their important role in enhancing performance. Additionally, the findings showed a negative correlation (-0.202) At a significance level of 0.454, this indicates a weak negative correlation between step frequency and sprinting speed in the 200-meter race.The study recommended the correction of postural alignments, the provision of external support when necessary, regular follow-up assessments, and continuous education for students and their guardians to improve performance and maintain musculoskeletal health.

Sports Culture s ports Culture Sports Culture Sports Culture Sports Culture

[1]**Corresponding author**: 443003224@pnu.edu.sa Princess Nourah bint Abdulrahman University - College of Sports Sciences and Physical Activity - Department of Physical Sport Sciences - Kingdom of Saudi Arabia

Sports Culture 16 (1) (2025) 321-373
http://doi.org/10.25130/sc.25.1.22

علاقة الانحرافات القوامية للطرف السفلي وبعض المتغيرات الكينماتيكية بمستوى الإنجاز الرقمي في سباق 200 متر عدو

تاريخ البحث
- متوفر على الانترنت 2025/6/30

الكلمات المفتاحية
- الانحرافات القوامية
- المتغيرات الكينماتيكية
- الإنجاز الرقمي
- سباق 200 متر

د. ليلى فتحي زيد الكيلاني
الهنوف بن سعيد ، شذى خرمي ، ساره الضيفان ، رغد الدوسري ، ليان الشقاوي ، هيفاء المطيري ، ريوف مدخلي ، لينا النعمي ، شوق بن داود ، أحلام العنزي ، في الشمري، مزون بن جليغم ، تسنيم ال جابر ، هند العتيبي ، رغد بوعريش
المملكة العربية السعودية – جامعة الاميرة نورة بنت عبد الرحمن – كلية علوم الرياضة والنشاط البدني – قسم علوم الرياضة البدنية

الخلاصة:

هدف هذا البحث إلى دراسة العلاقة بين الانحرافات القوامية في زوايا الركبة والكاحل والمتغيرات الكينماتيكية بمستوى الإنجاز الرقمي في سباق 200 متر عدو بغرض تطوير مستوى الإنجاز للاعبات ألعاب القوى. تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي من خلال الملاحظة المباشرة والتصوير الحركي على عينة قوامها 16 طالبة في كلية علوم الرياضة والنشاط البدني خلال أدائهن لمهارتي العدو والمشي على المضمار واستخدم جهاز المسح الضوئي في معمل التحليل الحركي باستخدام جهاز المسح الضوئي رباعي الأبعاد لتحليل القوام نوعDiers Formetric 4D. أظهرت النتائج وجود علاقات ارتباطية متفاوتة بين المتغيرات الكينماتيكية المدروسة وسرعة العدو، حيث كانت العلاقات ضعيفة (طردية أو عكسية)، في حين ظهرت علاقة طردية متوسطة مع زاويتي الكاحل، مما يشير إلى دورهما المهم في تحسين الأداء. أظهرت النتائج ان هناك علاقة ارتباطية بين تردد الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو تساوي (−0.202) عند مستوى دلالة (0.454) يشير الى علاقة عكسية ضعيفة. أوصت الدراسة بضرورة تصحيح وضعيات الجسم، وتوفير الدعم الخارجي عند الحاجة، والمتابعة المنتظمة للحالات، إلى جانب التثقيف المستمر للطالبات وأولياء الأمور لتحسين الأداء والحفاظ على سلامة الجهاز الحركي.

1 – التعريف بالبحث:

1–1 المقدمة واهمية البحث:

تُعد سباقات العدو القصير، وخاصة سباق 200 متر، من أهم الفعاليات في ألعاب القوى التي تتطلب توافقاً عالياً بين القدرات البدنية والمهارية للعدّاء. ويُصنّف هذا السباق ضمن الفعاليات التي تعتمد على الأداء الأقصى خلال زمن قصير.

يعد التسارع في سباقات العدو من أهم التغيرات الكينماتيكية التي تؤثر على سرعة العدَّاء في جميع مراحل السباق. ففي البداية، يبدأ الرياضي بالتسارع للوصول إلى سرعته القصوى، ثم يسعى للحفاظ عليها لأطول فترة ممكنة. (11، 79)

والسرعة تُعد أيضًا أحد التغيرات الكينماتيكية البارزة في سباقات العدو، حيث يتأثر الأداء بكيفية توزيع القوة على الأجزاء المختلفة من الجسم أثناء الجري، مثل حركة الذراعين والساقين. ويؤثر التنسيق بين حركات الأطراف في الحفاظ على سرعة ثابتة أو زيادتها. (11، 80)

ويُعتبر القوام المعتدل من الدعائم الجوهرية في حياة الإنسان؛ فمن خلاله يمكن بناء جسم قوي خالٍ من التشوهات والانحرافات، قادر على ممارسة مختلف الأنشطة البدنية التي تساهم في تعزيز الصحة الشاملة. وقد كانت الرياضة والقوام السليم من السمات البارزة للحضارات العظيمة، في حين أن تراجع الجانب البدني كان سببًا في اضمحلال بعضها. لذا يُعد القوام الجيد مظهرًا من مظاهر الرقي الحضاري، ومؤشرًا حقيقيًا على تقدم الأمم وتطورها. (10،11)

ويرتبط القوام المتناسق بمدى انتظام الفرد في ممارسة الأنشطة البدنية السليمة، التي تساعد على حفظ توازن الجسم وتناسقه. ولا تقتصر فوائد القوام الجيد على الناحية الجمالية والشعور بالثقة، بل تشمل كذلك فوائده الصحية وتأثيره الإيجابي على النشاط اليومي. وقد بيّنت العديد من الدراسات في ميكانيكا الحركة أن الجسم يعمل باستمرار ضد الجاذبية الأرضية، مما يتطلب مقاومة عضلية دائمة. وهذه المقاومة هي التي تُحدد ما إذا كان القوام معتدلًا أو غير سليم، الأمر الذي ينعكس مباشرة على شكل الجسم وقدرته على أداء وظائفه الحياتية بكفاءة. (2،14)

كما نلاحظ ان الانحرافات القوامية من القضايا المهمة التي تستحوذ على اهتمام المتخصصين في مجالات الصحة البدنية وعلوم الحركة، لما لها من تأثير مباشر على كفاءة الجهاز الحركي ووظائف الجسم المختلفة. ويُقصد بالانحرافات القوامية تلك التغيرات غير الطبيعية التي تطرأ على استقامة الجسم وتوازنه، والتي قد تظهر على هيئة انحناءات مفرطة في العمود الفقري، أو بروزات غير طبيعية في مناطق مثل البطن أو الصدر، أو تقوس في الساقين، ما يؤدي إلى اضطراب في التناسق العام للقوام، ويؤثر على كفاءة أداء الأعضاء المرتبطة به (14،10)

وتزداد احتمالية حدوث هذه الانحرافات نتيجة الممارسات الخاطئة المرتبطة بالقوام، مثل الجلوس غير السليم أثناء الحصص الدراسية أو عند استخدام الأجهزة الإلكترونية، بالإضافة إلى حمل الحقيبة المدرسية بطريقة غير صحيحة، والمشي بوضعيات غير متزنة، فضلاً عن التغذية غير المتوازنة، وقلة المشاركة في الأنشطة البدنية. وتُعد هذه العوامل مجتمعة من أبرز الأسباب التي تؤدي إلى انتشار التشوهات القوامية في مرحلة الطفولة (2، 14)

ويرتبط هذا الموضوع ارتباط وثيق في التغيرات الكينماتيكية وتُعد التغيرات الكينماتيكية من المحاور الجوهرية في علم الميكانيكا الحيوية، حيث تُعنى بدراسة وتحليل حركة الجسم أو أجزائه من منظور وصفي، دون النظر إلى القوى التي تُحدث هذه الحركة. وتشمل هذه التغيرات عدة متغيرات رئيسية مثل الإزاحة، والسرعة، والعجلة (التسارع)، والوقت، والتي تُستخدم لوصف طبيعة الحركة وديناميكيتها بدقة عالية. ويُعد هذا التحليل ضروريًا في مختلف المجالات المتعلقة بالحركة البشرية، بدءًا من الأنشطة الرياضية عالية الأداء، وانتهاءً بإعادة التأهيل الحركي وتحليل الحركات الوظيفية اليومية. (11،45)

إن رصد التغيرات الكينماتيكية يُتيح فهماً دقيقًا لكيفية تحرك الجسم، ويساعد المختصين في الكشف عن أية اختلالات أو انحرافات تؤثر على كفاءة الأداء الحركي. فعلى سبيل المثال، يُستخدم تحليل الحركة الكينماتيكي لتقييم نمط المشي أو الجري، وتحديد أية تغيرات في زاوية مفصلية، أو تغير في سرعة الجزء المتحرك، مما يُساعد في وضع خطة تدريبية أو علاجية مناسبة. (11،47)

وتبرز كل من الانحرافات القوامية والتغيرات الكينماتيكية كعناصر حاسمة في تحديد فعالية الأداء. إذ أن أي خلل في القوام قد يؤثر سلباً على النمط الحركي ويؤدي إلى تقليل الكفاءة الميكانيكية أثناء الجري، مما ينعكس على سرعة الأداء والزمن المحقق.

للبحث أهمية كبيرة لأنه يركز على المتغيرات الكينماتيكية وأثرها على العدو في المسافات القصيرة وتفيد ايضاً في تحليل الحركة وإضافة تحليلات دقيقة وواضحة من أجل تطور الإنجاز.

مشكلة البحث:

من خلال الملاحظة المباشرة التي قامت بها الباحثات أثناء الحصص العملية لطبيعة الحركة الانتقالية والتصوير الحركي للمشي والعدو للطالبات الدارسات لعلوم الرياضة والنشاط البدني، وإجراء المقابلات الفردية مع مجموعة من طالبات تخصص علوم الرياضة والنشاط البدني خلال أدائهن لمهارتي العدو والمشي لمسافات قصيرة، (مرفق 7) لوحظت مجموعة من الانحرافات القوامية، تمثّلت في حركة القدمين عند ملامسة الأرض، خاصة في مفصلي الكاحل والركبة .عند مقارنة الأداء الزمني للطالبات في مهارتي العدو والمشي، تم تحليل الحركة لتحديد الفروق بينهن وبين اللاعبات المتخصصات .أظهرت النتائج وجود فروقات زمنية ملحوظة، حيث لم تتمكن الطالبات من تحقيق الإنجازات المثلى بالمقارنة مع نظيراتهن من نفس الفئة العمرية والمستوى التدريبي.

أهداف البحث:

1. التعرف على علاقة طول الخطوة بمستوى الأداء الرقمي للكاحل والركبة في سباق 200 متر عدو.
2. التعرف على علاقة تردد الخطوة بمستوى الاداء الرقمي للكاحل والركبة في سباق 200 متر عدو.
3. التعرف على علاقة الانحرافات القوامية بمستوى الاداء الرقمي للكاحل والركبة في سباق 200 متر عدو.

تساؤلات البحث:

1. هل يوجد علاقة بين طول الخطوة وسرعة العداء بالكاحل والركبة في سباق 200 متر عدو؟
2. هل يوجد علاقة بين تردد الخطوة وسرعة العداء بالكاحل والركبة في سباق 200 متر عدو؟
3. هل يوجد علاقة بين الانحرافات القوامية ومستوى الاداء الرقمي بالكاحل والركبة في سباق 200 متر عدو؟

مجالات البحث:

المجال المكاني: تمت هذه الدراسة في كل من نادي أعضاء هيئة التدريس والمستشفى الجامعي، حيث تم إجراء جميع القياسات وجمع البيانات بما يخدم أهداف البحث.

المجال الزماني: تمتد فترة الدراسة بدءًا من تاريخ 02/02/2025 إلى 20/03/2025، وتشمل البيانات التي يتم جمعها خلال هذه الفترة الزمنية المحددة.

http://doi.org/10.25130/sc.25.1.22

المجال البشري: تستهدف الدراسة طالبات المستوى السادس الدارسات لعلوم الرياضة والنشاط البدني.

مصطلحات البحث:

1- عدو 200 متر. (19)

عدو 200 متر هو سباق سرعة يتطلب من الرياضيين تحقيق توازن بين التسارع والانسيابية في الأداء، خاصةً عند الانتقال من المنحنى إلى الجزء المستقيم من المضمار. تشير الدراسات الحديثة إلى أن الأداء الأمثل في هذا السباق يعتمد على تقنيات حركية دقيقة، مثل تقليل وقت التلامس مع الأرض وزيادة تردد الخطوات، مما يعزز من سرعة العداء.

2- المتغيرات الكينماتيكيه. (16)

المتغيرات الكينماتيكية تصف حركة الجسم دون النظر إلى القوى المؤثرة عليه، وتشمل عناصر مثل طول الخطوة، تردد الخطوة، وقت التلامس مع الأرض، وزاوية الجذع. أظهرت الأبحاث أن تحسين هذه المتغيرات يمكن أن يؤدي إلى زيادة السرعة القصوى وتحسين الأداء العام للعدائين.

3- الانحرافات القوامية. (18)

الانحرافات القوامية تشير إلى التغيرات أو الاختلالات في الوضع الطبيعي للجسم، والتي قد تؤثر على التوازن والاستقرار أثناء الحركة. تُظهر الدراسات أن الرياضيين من مختلف الرياضات يعانون من درجات متفاوتة من الاستقرار القوامي، مما قد يؤثر على أدائهم ويزيد من خطر الإصابات.

2-1 الإطار النظري:

تعريف ألعاب القوى,(41,47) :

تُعد ألعاب القوى من الرياضات الأساسية في المجال الرياضي، وتُعرف أيضًا باسم منافسات المضمار والميدان، وتشمل مجموعة من الأنشطة الطبيعية، مثل العدو، والمشي، والوثب، والرمي. وهي رياضة متنوعة تتضمن اختبارات ومسابقات متعددة تختلف في أدائها ومتطلباتها الفنية والبدنية، وتُصنّف إلى مسابقات فردية مثل سباقات السرعة (100م، 200م) والوثب الطويل، ومسابقات مركبة كالعشاري والسباعي، ومسابقات جماعية مثل سباقات التتابع. وتتميّز ألعاب القوى بتنوّع المهارات البدنية والفسيولوجية التي تتطلبها، مثل السرعة، القوة، التوازن، التناسق، والتحمل، مما يجعلها من أكثر الرياضات شمولًا وتكاملًا. كما تُعد من الركائز الأساسية للألعاب الأولمبية، ومؤشرًا على تطور الأداء الرياضي لدى الأفراد والمجتمعات، ووسيلةً لقياس التقدم البدني والحضاري لدى الشعوب.

أنواع سباقات ألعاب القوى:

السباقات القصيرة:

سباق 100 متر:

يعد أحد سباقات العدو السريع في ألعاب القوى، ويُعتبر الأقصر بين المسافات الرسمية في المضامير المفتوحة. يُلقب الفائز بهذا السباق بـ " أسرع رجل أو امرأة في العالم". يمر السباق بعدة مراحل فنية رئيسية:

1- مرحلة الانطلاق: يبدأ العداءون باستخدام وضعية البدء المنخفض لتحقيق انطلاقة قوية وسريعة.

2- مرحلة التسارع: يعمل العداء على زيادة سرعته تدريجيًا للوصول إلى أقصى سرعة ممكنة.

3- مرحلة الحفاظ على السرعة القصوى: يسعى العداء إلى الثبات عند أعلى سرعة لأطول مدة ممكنة.

4- مرحلة التباطؤ: قد تنخفض السرعة قليلًا في الأمتار الأخيرة نتيجة الإرهاق.

يُعد هذا السباق من أكثر منافسات ألعاب القوى إثارة وحماسًا، حيث يتطلب من العدائين تحقيق أقصى سرعة في أقل زمن ممكن. يحمل الجامايكي يوسين بولت الرقم القياسي العالمي للرجال بزمن 9.58 ثانية منذ عام 2009، بينما تمتلك الأمريكية فلورنس غريفيث جوينر الرقم القياسي للسيدات بزمن 10.49 ثانية منذ عام 1988.

سباق 200 متر:(1)

يُعد سباق 200 متر من أبرز سباقات العدو السريع في ألعاب القوى، ويجمع بين السرعة القصوى والدقة التكتيكية، إذ يتطلب من العداء مزجًا دقيقًا بين الانفجار العضلي والتحكم في الإيقاع. ورغم أن سباقات مثل 100 متر تحظى بتغطية إعلامية أوسع، إلا أن سباق 200 متر يتميز بتحديات فنية وبدنية أعمق، ويستحق اهتمامًا أكبر في عالم الرياضة.

يُجرى السباق على مضمار بيضاوي، حيث يبدأ العداؤون في المنحنى، مما يضيف عنصرًا فنيًا فريدًا لا يوجد في السباقات المستقيمة. ومع اقترابهم من الجزء المستقيم الأخير، تُختبر قدرتهم على التسارع والحفاظ على السرعة رغم التعب.

المراحل الفنية لسباق 200 متر:

مرحلة الانطلاق: يبدأ العداء من وضعية البدء المنخفض، بهدف تحقيق أقصى تسارع ممكن منذ اللحظة الأولى.

1- مرحلة المنحنى: يتطلب الأمر توازناً دقيقاً واستفادة من قوة الطرد المركزي، حيث يجب الحفاظ على السرعة دون فقدان التوازن.

2- مرحلة الدخول إلى المسار المستقيم: مع الخروج من المنحنى، يسعى العداء لبلوغ ذروة سرعته، في لحظة يتقاطع فيها الجهد البدني مع التركيز الذهني.

4- مرحلة إنهاء السباق: هنا يُختبر التحمل الحقيقي، إذ يعمل العداء على مقاومة التعب والحفاظ على أقصى سرعة ممكنة حتى خط النهاية.

يحمل العداء الجامايكي يوسَين بولت الرقم القياسي العالمي لسباق 200 متر للرجال بزمن 19.19ثانية، والذي حققه في بطولة العالم عام 2009. أما الرقم القياسي للسيدات، فما زال ثابتًا منذ عام 1988، وتحمله العداءة الأمريكية فلورنس غريفيث جوينر بزمن 21.34 ثانية. ورغم مرور عقود، لم يتمكن أحد من كسر هذا الرقم، مما يعكس مدى استثنائية هذا الإنجاز في زمن مختلف وظروف رياضية مغايرة، ويثير تساؤلات حول حدود الإنسان في هذا النوع من السباقات.

سباق 400 متر:(1)

يُعد سباق 400 متر من سباقات العدو السريع، حيث يجري العداؤون دورة كاملة حول المضمار، مما يتطلب مزيجًا من السرعة والتحمل. يُعتبر هذا السباق اختبارًا للقوة البدنية والقدرة على توزيع الجهد طوال المسافة.

المراحل الفنية لسباق 400 متر:(1)

1- الانطلاق: يبدأ العداء بقوة من وضعية البدء المنخفض.

2- التسارع: يزيد سرعته تدريجيًا مع الحفاظ على الطاقة.

3- الثبات: يحاول الحفاظ على سرعة عالية دون إجهاد مبكر.

4- النهاية: يبذل أقصى جهد لمقاومة التعب وإنهاء السباق بقوة.

السباقات المتوسطة :

تشمل السباقات المتوسطة المسافات التي تتراوح عادة بين 800 متر و1500 متر. تعد هذه السباقات مزيجًا بين القدرة على التحمل والسرعة. يتطلب الجري في هذه المسافات استراتيجية تدريبية توازن بين تحسين القدرة الهوائية (التحمل) وزيادة السرعة القصوى.

800 متر:(27)

هو سباق متوسط يُعد من السباقات التي تحتاج إلى قدرة على التحمل، لكن الرياضي يجب أن يكون قادرًا أيضًا على زيادة سرعته في النهاية. يركز هذا السباق على استهلاك الطاقة بشكل مثالي في بداية السباق والنهاية، مع الحفاظ على وتيرة ثابتة في المنتصف.

1500 متر:

يُعد أحد أكثر السباقات شعبية في الألعاب الأولمبية، حيث يتطلب تنظيم الطاقة بشكل دقيق. يشمل هذا السباق تحكمًا دقيقًا في السرعة الهوائية والقدرة على الدفع النهائي للحفاظ على سرعة ثابتة طوال السباق.

السباقات الطويلة:

تشمل السباقات الطويلة المسافات التي تبدأ من 5000 متر وتصل إلى ماراثون 42.195 كم. تتطلب هذه السباقات تحملًا عاليًا مع ضرورة الحفاظ على السرعة لأطول فترة ممكنة، مما يضع ضغطًا كبيرًا على الجهاز التنفسي والعضلي.

5000 متر.

هو سباق يتطلب تحكمًا في السرعة والتحمل، ويعتبر من السباقات التي تجمع بين العدو السريع والقدرة على التحمل. يتطلب الرياضي استراتيجيات دقيقة لتوزيع الطاقة بين أول السباق وآخره، مع التركيز على السرعة في اللفات الأخيرة.

10.000 متر.

يُعتبر من السباقات الطويلة التي تحتاج إلى قدرة بدنية عالية على التحمل المستمر لمسافة طويلة. يتطلب التحكم في السرعة على مدار السباق كله، بالإضافة إلى الحفاظ على الإيقاع المناسب للمحافظة على القدرة على التحمل في النهاية.

الماراثون.

هو أطول سباق في ألعاب القوى ويتطلب تدريبًا مكثفًا، حيث يتراوح المسار بين 42.195 كم. يجب على العدّاء أن يتحكم في استهلاك الطاقة الهوائية والتحمل على مدار هذه المسافة الطويلة. يُعد الماراثون اختبارًا حقيقيًا للقوة الجسدية والعقلية للرياضي.

ميكانيكا المشي وتأثيرها من الناحية التدريبية والميكانيكية في سباق 200 متر:

دورة المشي(36) :

تعرف دورة المشي (Gait Cycle) بأنها التسلسل الحركي الذي يمر به الطرف السفلي خلال خطوة مزدوجة تبدأ من لحظة ملامسة الكعب للأرض وتنتهي عند ملامسته لها مجددًا. وتُعد هذه الدورة عملية ديناميكية معقدة تتطلب تنسيقا دقيقا بين المفاصل، العضلات، والجهاز العصبي لضمان التوازن والتقدم للأمام بكفاءة.

تقسيمات دورة المشي:

تختلف طرق تقسيم دورة المشي باختلاف الهدف من الدراسة أو التقييم، وتقسم عادة إلى مستويين رئيسيين:

1- التقسيم السريري المبسط (Simplified Clinical Division of Gait Deviations):

تتضح المشكلات في الانحرافات القوامية في أربع مراحل محددة خلال دورة المشي:

- (Heel Strike): ملامسة الكعب للأرض.
- (Foot Flat): استقرار كامل القدم على الأرض.
- (Heel Off): انفصال الكعب عن الأرض.
- (Toe Off): رفع القدم بالكامل استعدادًا للتأرجح.

Sports Culture 16 (1) (2025) 321-373
http://doi.org/10.25130/sc.25.1.22

2- التقسيم الأكاديمي التحليلي (Analytical Academic Division of the Gait Deviations):

يستخدم في الدراسات المتخصصة وعلوم التأهيل الحركي، ويقسم إلى مرحلتين رئيسيتين تتضمنان مراحل فرعية أكثر دقة، كما يلي:

المرحلة الأولى: مرحلة الارتكاز (Stance Phase)

مرحلة الارتكاز تقسم الى نوعين:

الارتكاز الفردي: 40%.

الارتكاز المزدوج: 20% (10% قبل و 10% بعد).

تشكل ما يقارب 60% من دورة المشي.

وتحدث عندما تكون القدم ملامسة لسطح الأرض. وتنقسم إلى خمس مراحل فرعية:

1- الاتصال الاولي (Initial Contact):

تبدأ عندما يلامس الكعب الأرض، وتعد مرحلة تحضيرية لاستقبال وزن الجسم.

2- الاستجابة للحمل (Loading Response):

ينتقل وزن الجسم تدريجيًا إلى القدم، مع انثناء طفيف في الركبة لامتصاص الصدمة.

3- منتصف مرحلة الارتكاز (Mid Stance):

يكون مركز الثقل فوق القدم تمامًا، وتتحمل القدم كامل وزن الجسم.

4- نهاية مرحلة الارتكاز (Terminal Stance):

يبدأ الكعب بالارتفاع، ويدفع الجسم إلى الأمام مع بقاء الأصابع ملامسة للأرض.

5- ما قبل التأرجح (Pre-Swing):

تبدأ أصابع القدم بدفع الأرض، وتهيأ الساق للانطلاق نحو مرحلة التأرجح.

المرحلة الثانية: مرحلة التأرجح (Swing Phase)

تشكل حوالي 40% من دورة المشي، وتبدأ عند رفع القدم عن الأرض وحتى ما قبل ملامستها الأرض مجددًا، وتنقسم إلى ثلاث مراحل فرعية:

1- بداية التأرجح (Initial Swing):

ترفع القدم عن الأرض، وتُثنى الركبة لرفع الساق إلى الأمام.

2- منتصف التأرجح (Mid Swing):

تتحرك الساق إلى الأمام وتكون في أعلى نقطة، متجاوزة الساق المقابلة.

3- نهاية التأرجح (Terminal Swing):

تمتد الساق استعدادًا لملامسة الأرض مرة أخرى، وتثبت المفاصل لضمان الثبات.

الخطوات وتأثيرها على المشي (32) :

الخطوات هي العنصر الأساسي في حركة المشي، حيث تؤثر بشكل مباشر على التوازن، الكفاءة الحركية، والطاقة المستهلكة أثناء الحركة. يمكن تحليل تأثير الخطوات على المشي من عدة جوانب:

1- تأثير طول الخطوة على المشي:

- الخطوات القصيرة: تزيد من استقرار الجسم، ولكنها قد تستهلك طاقة أكبر بسبب زيادة عدد الخطوات اللازمة للوصول إلى نقطة معينة.
- الخطوات الطويلة: تقلل من عدد الخطوات، ولكن قد تؤدي إلى إجهاد عضلي أكبر، خاصة إذا لم يكن هناك توافق عضلي مناسب.

2- تأثير تردد الخطوات (Cadence):

- زيادة معدل الخطوات (المشي السريع): يحسن من سرعة المشي ويقلل زمن التلامس مع الأرض، لكنه يتطلب قدرة عضلية وتحملًا أكبر.

- انخفاض معدل الخطوات (المشي البطيء): يزيد من الاستقرار لكنه قد يكون أقل كفاءة في بعض الحالات، خاصة عند الحاجة للحركة السريعة.

3- تأثير توزيع الوزن والتوازن:

- الخطوات المتناسقة والمتزنة تقلل من الانحرافات القوامية، مما يساعد في الحفاظ على استقامة الجسم.
- المشي غير المتناسق أو الذي يعتمد على جهة واحدة أكثر من الأخرى قد يؤدي إلى خلل في التوازن، مما قد يسبب إجهادًا للعضلات أو آلامًا في المفاصل.

4- التأثير على استهلاك الطاقة:

- الخطوات المنتظمة تساعد في تقليل استهلاك الطاقة أثناء المشي، مما يجعل الحركة أكثر كفاءة وأقل إجهادًا.
- المشي بخطوات غير متناسقة قد يؤدي إلى استهلاك طاقة أعلى نتيجة اضطراب الحركة واضطرار العضلات إلى تصحيح التوازن بشكل مستمر.

5. العلاقة مع الوضعية القوامية:

- الخطوات المتوازنة تحافظ على وضعية الجسم السليمة أثناء المشي.
- أي انحراف في طول الخطوات أو توزيعها قد يؤدي إلى مشاكل في القوام، مثل ميلان الجسم للأمام أو الخلف أو انحراف الحوض.

6. التأثير على الأداء الرياضي:

• في رياضات المشي السريع أو الجري، تتحكم الخطوات في السرعة والتسارع، وتؤثر بشكل مباشر على الإنجاز الرياضي.
• تحسين تقنية الخطوات يُعتبر جزءًا أساسيًا من برامج التدريب في سباقات المشي الاحترافية.

القوى المؤثرة على المشي (38) :

هي مجموعة من العوامل الفيزيائية والميكانيكية التي تتحكم في حركة الإنسان أثناء المشي، وتشمل:

1- تعريف قوة الجاذبية(Gravitational Force):

قوة الجاذبية هي القوة التي تجذب بها الأرض الأجسام نحو مركزها. تُحسب هذه القوة باستخدام قانون الجذب العام لنيوتن، والذي ينص على أن كل جسمين في الكون يتجاذبان بقوة تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب كتلتيهما، وعكسيًا مع مربع المسافة بين مركزيهما.

2- تعريف قوة الوزن (Weight Force) :

الوزن هو القوة الناتجة عن تأثير الجاذبية على كتلة الجسم. يُحسب الوزن بالعلاقة: الوزن = الكتلة × تسارع الجاذبية ($W = m \times g$). يُقاس الوزن بوحدة النيوتن (N)، ويختلف عن الكتلة التي تُقاس بالكيلوغرام (kg) وتبقى ثابتة بغض النظر عن موقع الجسم.

تأثير قوة الجاذبية والوزن على المشي:

أشار Winter (2009) في دراسته حول "البيوميكانيكا والتحكم الحركي في حركة الإنسان" إلى أن قوة الوزن الناتجة عن الجاذبية الأرضية تُعد من القوى الأساسية المؤثرة على حركة المشي. حيث تعمل الجاذبية على سحب الجسم نحو الأرض، ما يستدعي وجود توازن بين هذه القوة وقوة رد الفعل الأرضي للحفاظ على ثبات الجسم أثناء التنقل. كما أوضح أن الجاذبية لا تُعد عائقًا فقط، بل تُستخدم كقوة دافعة لتحريك مركز كتلة الجسم إلى الأمام، ما يسهم في استمرارية المشي وتوازنه، خاصة عند الانتقال من قدم إلى أخرى.

3-تعريف قوة الاحتكاك (Frictional Force):

تُعد قوة الاحتكاك من القوى الخارجية الأساسية التي تؤثر في عملية المشي. حيث تعمل هذه القوة بين القدم وسطح الأرض، وتمنع الانزلاق أثناء الحركة. وبدون وجود احتكاك كافٍ، لا يستطيع الإنسان توليد قوة الدفع الأمامية التي تُسهم في التقدم للأمام.

تأثير قوة الاحتكاك على المشي:

وقد أوضح Winter (2009) في دراسته أن قوة الاحتكاك ضرورية لتحقيق الاستقرار الديناميكي أثناء المشي، خاصة في مرحلة الاتصال الاولي، إذ إنها تتيح للقدم دفع الأرض للخلف لتوليد قوة رد فعل تدفع

الجسم للأمام. كما أن التغير في معامل الاحتكاك (مثل المشي على أرض ملساء أو زلقة) يؤدي إلى اضطراب في التوازن وزيادة احتمالية السقوط.

4- قوى الدفع وتأثيرها على المشي:(37)

قوى الدفع في سياق المشي تشير إلى القوى التي يولدها الجسم لدفع نفسه إلى الأمام أثناء الحركة. تتضمن هذه القوى التفاعلات المعقدة بين العضلات، الهيكل العظمي، والأرض، وتلعب دورًا حاسمًا في كفاءة واستقرار المشي.

تعريف قوى الدفع (Propulsion forces): (31)

قوى الدفع هي القوى الناتجة عن انقباض العضلات الهيكلية، خاصة عضلات الأطراف السفلية، التي تولد عزمًا حول المفاصل لدفع الجسم إلى الأمام. تتضمن هذه العملية تحويل الطاقة الكيميائية في العضلات إلى طاقة ميكانيكية، مما يؤدي إلى حركة الجسم.

تأثير قوى الدفع على المشي:

تُعتبر قوى الدفع (Propulsive Forces) من أهم القوى الحيوية في عملية المشي، حيث تُنتج في منتصف مرحلة الارتكاز عند انطلاق القدم الخلفية عن الأرض. وتُسهم هذه القوة في تحريك الجسم للأمام والتغلب على مقاومة العوامل الخارجية كالجاذبية والاحتكاك. ويوضح Winter (2009) أن قوى الدفع تنشأ نتيجة التفاعل بين عضلات الطرف السفلي (وخاصة عضلات الساق والورك) وبين الأرض خلال ما قبل التأرجح، وتُعد مؤشرًا حيويًا على كفاءة المشي. ويؤدي ضعف هذه القوة - كما في حالات الشيخوخة أو بعض الإصابات العصبية - إلى انخفاض سرعة المشي وعدم الاستقرار الحركي.

الميكانيكية للركبة والكاحل أثناء المشي :

أولًا: ميكانيكية الركبة أثناء المشي:

1- مرحلة الارتكاز (Stance Phase) أثناء المشي:

- تبدأ عندما تلمس القدم الأرض وتنتهي عندما تترك الأرض.
- يكون مفصل الركبة مثنيًا قليلًا (15-20 درجة) عند ملامسة القدم للأرض لامتصاص الصدمة.
- خلال الدفع للأمام، يتم تمديد الركبة تدريجيًا لدفع الجسم للأمام.

العضلات الأساسية:

- عضلة الفخذ الأمامية (Quadriceps): تمتص الصدمة عند وضع القدم على الأرض.
- عضلات الفخذ الخلفية (Hamstrings): تساعد في الحفاظ على استقرار الركبة أثناء انتقال الوزن.

2- مرحلة التأرجح (Swing Phase) أثناء المشي:

- تبدأ عند رفع القدم عن الأرض وتنتهي عندما تلمس القدم الأخرى الأرض.
- يتم رفع الركبة بزاوية 45-60 درجة، وهي أقل بكثير من زوايا العدو (90 درجة).

• تساعد هذه المرحلة في تحضير الساق للخطوة التالية مع تقليل استهلاك الطاقة.

العضلات الأساسية:

• العضلة القطنية الحرقفية (Iliopsoas): ترفع الركبة للأمام.

• عضلات الفخذ الخلفية: تتحكم في حركة الركبة لمنع الإفراط في التمديد.

ثانيًا: ميكانيكية الكاحل أثناء المشي:

1- مرحلة الارتكاز (Stance Phase) أثناء المشي:

• عند ملامسة القدم للأرض، يكون الكاحل في وضع انثناء ظهري (Dorsiflexion) بسيط (10-15 درجة).

• خلال منتصف المرحلة، يكون الكاحل في وضع محايد.

• عند دفع القدم للأمام، يحدث تمديد للكاحل (Plantarflexion) مما يساعد في دفع الجسم للأمام.

العضلات الأساسية:

• العضلة الظنبوبية الأمامية (Tibialis Anterior): تتحكم في حركة القدم أثناء الهبوط.

• عضلة الساق التوأمية (Gastrocnemius) والعضلة النعلية (Soleus): تدفع القدم للأمام أثناء الدفع.

2- مرحلة التأرجح (Swing Phase) أثناء المشي:

• يبدأ الكاحل في انثناء ظهري (15-20 درجة) لرفع القدم ومنع السقوط.

• يجب أن يكون الكاحل مرنًا بما يكفي لضمان الحركة السلسة.

العضلات الأساسية:

• العضلة الظنبوبية الأمامية: تحافظ على استقرار القدم.

التوازن والتحكم الحركي وتأثيره على المشي:

يُعتبر المشي من أكثر الأنشطة الحركية تعقيدًا، حيث يعتمد على تنسيق دقيق بين التوازن والتحكم الحركي للحفاظ على الاستقرار أثناء الحركة. يتطلب المشي تفاعلاً متكاملاً بين الجهاز العصبي المركزي، الجهاز العضلي الهيكلي، والأنظمة الحسية لضمان التوازن الديناميكي أثناء الحركة. من الناحية الميكانيكية، يؤثر التوازن على طريقة توزيع القوى أثناء المشي، بينما من الناحية التدريبية، يمكن تحسين التحكم الحركي من خلال التمارين المتخصصة التي تستهدف تعزيز الاستجابة الحسية والتكيف العضلي.

التوازن والتحكم الحركي من منظور الميكانيكا الحيوية:

1- العلاقة بين التوازن والمشي:

يعتمد التوازن أثناء المشي على الحفاظ على مركز الكتلة داخل قاعدة الدعم، مما يساعد على تقليل خطر السقوط وتحسين استقرار الحركة. أثناء المشي، يتغير مركز الكتلة باستمرار، ويتطلب هذا التغيير استجابات سريعة من الجهاز العصبي والعضلي للحفاظ على الوضعية المناسبة. يشمل التوازن نوعين رئيسيين:

- التوازن الثابت: ضروري للحفاظ على استقرار الجسم عند الوقوف أو عند التوقف المفاجئ أثناء المشي.
- التوازن الديناميكي: مهم أثناء الحركة، حيث يساعد على ضبط التغييرات المفاجئة في الاتجاه أو السرعة.

2- تأثير التحكم العصبي العضلي على المشي:(43)

يلعب الجهاز العصبي دورًا محوريًا في التحكم الحركي، حيث يعتمد المشي على تكامل المعلومات الواردة من المستقبلات الحسية، الجهاز الدهليزي، والإدراك البصري. يساهم المخيخ والقشرة الحركية في تنسيق الإشارات العصبية التي تساعد على ضبط الحركة، بينما تعمل المستقبلات الحسية في المفاصل والعضلات على إرسال معلومات حول وضعية الجسم لضمان استقرار المشي.

3- العوامل الميكانيكية المؤثرة على التوازن أثناء المشي: (38)

تؤثر عدة عوامل ميكانيكية على جودة المشي، منها:

- طول الخطوة: يقل عند وجود اختلال في التوازن، مما يقلل من كفاءة الحركة.
- اتساع قاعدة الدعم: يزداد عند ضعف التوازن لتعويض عدم الاستقرار.
- القوة العضلية: تلعب دورًا رئيسيًا في الحفاظ على الاستقرار أثناء الحركة، خاصة عضلات الساقين والجذع.

التوازن والتحكم الحركي من الناحية التدريبية:

1- تحسين التوازن لتعزيز كفاءة المشي: (44)

يمكن تحسين التوازن من خلال تمارين تستهدف تعزيز الإدراك الحسي وتقوية العضلات. تتضمن بعض التمارين الفعالة:

- تمارين التوازن الثابت: مثل الوقوف على قدم واحدة أو استخدام الأسطح غير المستقرة.
- تمارين التوازن الديناميكي: مثل المشي على خط مستقيم أو تغيير الاتجاه أثناء المشي.
- تمارين تقوية العضلات: التي تستهدف عضلات الساقين، الوركين، والجذع لتحسين القدرة على التحكم في الحركة.

2- دور التدريب الحركي في تحسين التحكم أثناء المشي:(27)

يساهم التدريب الحركي في تحسين الاستجابة العصبية والعضلية للمؤثرات الخارجية أثناء المشي. على سبيل المثال:

- تمارين ردود الفعل العصبية: تساعد على تسريع استجابة الجسم للتغييرات المفاجئة في البيئة.
- التدريب على الأسطح غير المستقرة: يعزز التكيف الحركي ويحسن التحكم بالتوازن الديناميكي.
- تمارين الإدراك الحسي العميق: تعمل على تحسين قدرة الجسم على الشعور بوضعياته المختلفة أثناء المشي.

يُعد التوازن والتحكم الحركي عنصرين أساسيين في المشي السليم، حيث يؤثران على الاستقرار والكفاءة الحركية. من الناحية الميكانيكية، يعتمد المشي على تنسيق دقيق بين القوة، التناسق العصبي العضلي، والمعلومات الحسية لضمان حركة سلسة وآمنة. أما من الناحية التدريبية، فإن التمارين المتخصصة تلعب دورًا رئيسيًا في تحسين الاستجابة الحركية وتعزيز التوازن، مما يقلل من مخاطر السقوط ويحسن الأداء الوظيفي للمشي.

الانبساط والانقباض العضلي أثناء المشي (Stretching and muscle contraction):

1- الانبساط العضلي (Muscle stretching):(23,26)

الانبساط العضلي هو عملية اطالة وتمديد الألياف العضلية لتحسين مرونة العضلات وزيادة نطاق الحركة. أثناء المشي، تتعرض العضلات إلى تمدد معتدل خلال كل خطوة، وهي عملية مهمة خاصة خلال المرحلة التي يُطلق عليها "التمدد المرن"، حيث يتم تمديد العضلة تحت تأثير قوة. تتضمن هذه العملية:

- العضلات الساقية والعضلات الخلفية للفخذ التي تتعرض للتمدد أثناء المرحلة التي يتحرك فيها القدم للأمام.
- العضلة الرباعية (quadriceps) تتمدد أثناء الفترات التي يدفع فيه الجذع نحو الأرض.
- الانبساط العضلي يتحسن بمرور الوقت مع التدريب، حيث يساهم في تقليل المخاطر الناتجة عن التوتر العضلي ويزيد من قدرة العضلة على امتصاص القوة.

2 -الانقباض العضلي (Muscle contraction): (23,26)

الانقباض العضلي يحدث عندما تنقبض الألياف العضلية لتوليد قوة. أثناء المشي:

- يحدث الانقباض الإيجابي في العضلات عندما تبدأ العضلة في الانقباض لتقصير أطوال الألياف العضلية، وهو ما يحدث عندما يبدأ الجسم في تحريك الساق للأمام، خصوصاً في العضلات الساقية والرباعية.
- في المرحلة المبدئية من المشي، العضلات الكبيرة مثل العضلة الرباعية والعضلة العضلية الخلفية للفخذ تعمل على الانقباض لتوفير الثبات والقدرة على دفع الجسم للأمام.

الدور الفسيولوجي للإطالة والانقباض العضلي في الأداء:

تساعد العضلات على الانتقال بين الانبساط والانقباض لتوفير الطاقة اللازمة للجري بكفاءة أكبر. عندما يتم الانبساط العضلي بشكل صحيح، تتمكن العضلات من استيعاب المزيد من الطاقة أثناء مرحلة التمدد ثم إطلاق تلك الطاقة أثناء الانقباض العضلي. هذا يسمح للرياضي بتوليد قوة أكبر في وقت أقل مما يعزز الأداء، خاصة في الأنشطة ذات السرعة العالية مثل سباق 200 متر عدو.

السرعة والزوايا وتأثيرها على المشي:

فهم الحركة الزاوية مهماً جداً وخاصة لدارسي حركة الإنسان وذلك لأن اغلب حركات الإنسان الإرادية تستخدم دوران واحد أو أكثر من أجزاء جسم الإنسان حول المفاصل التي تنفصل عندها،

يتطلب تحليل الزاوية في الفصل قياس زاوية لقسم واحد من الجسم بالمقارنة مع الجزء الآخر للجسم المتصل بالمفصل أن الزاوية النسبية في الركبة هي الزاوية المشكلة والمتكونة بين المحور الطولي للفخذ والمحور الطولي للساق السفلي عندما يقاس معدل حركة المفصل كميا بتلك هي زاوية المفصل (النسبية) التي يمكن أن تقاس الزاوية(المطلقة) هي ميل أو انثناء زاوي لجزء من الجسم بالنسبة لخط الإشارة الثابت.

الاختلافات الفردية في ميكانيكا المشي:

يعد تحليل المشي جانبًا أساسيًا في الميكانيكا الحيوية، حيث يوفر رؤى قيمة حول أنماط الحركة البشرية. سواء كنت باحثًا أو طبيبًا أو رياضيًا، فإن فهم تحليل المشية أمر ضروري لتحسين الأداء وتشخيص الأمراض وتصميم التدخلات الفعالة.

التعريف: يشير تحليل المشية إلى الدراسة المنهجية لحركة الإنسان، بما في ذلك المشي والعدو وأشكال الحركة الأخرى. وهو يتضمن تقييم المعلمات الحركية (المتعلقة بالحركة) والحركية (المتعلقة بالقوة) أثناء دورات المشي. وهو يتضمن تقييم المعلمات الحركية (المتعلقة بالحركة) والحركية (المتعلقة بالقوة) أثناء دورات المشي.

الأهمية: يخدم تحليل المشية أغراضًا متعددة:

التشخيص السريري: يستخدم الأطباء تحليل المشية لتحديد التشوهات، مثل انحرافات المشية الناجمة عن الاضطرابات العضلية الهيكلية، أو الحالات العصبية، أو الإصابات.

تحسين الأداء: يستفيد الرياضيون والمدربون من تحليل طريقة المشي لتحسين الأداء وتحسين آليات الجري ومنع الإصابات.

تصميم الأطراف الاصطناعية: يستخدم المهندسون والمصممون بيانات المشي لإنشاء أطراف صناعية وأجهزة تقويم فعالة.

رؤى البحث: يستكشف الباحثون أنماط المشي لفهم المبادئ الميكانيكية الحيوية وتطوير التدخلات القائمة على الأدلة.

المعلمات الحركية:

طول الخطوة: المسافة المقطوعة خلال دورة مشية كاملة واحدة (ضربة الكعب إلى ضربة الكعب التالية لنفس القدم).

عرض الخطوة: المسافة الجانبية بين القدمين أثناء المشي.

الإيقاع: عدد الخطوات في الدقيقة (يؤثر على سرعة المشي).

زوايا المفاصل: يتم قياسها عند مفاصل الورك والركبة والكاحل أثناء مراحل المشي المختلفة.

مثال: أثناء مرحلة التأرجح، تنثني الركبة لتسمح بخلوص القدم.

المعلمات الزمنية: جوانب التوقيت، بما في ذلك مرحلة الوقوف (عندما تكون القدم ملامسة للأرض) ومرحلة التأرجح (عندما تكون القدم بعيدة عن الأرض).

المعلمات الحركية:

قوى رد الفعل الأرضي (GRFs): القوى العمودية والأمامية الخلفية والوسطى الجانبية التي تمارسها القدم على الأرض.

مثال: ذروة القوة العمودية تحدث أثناء ضربة الكعب.

عزم دوران المفصل (torquate): عزم الدوران المؤثر على المفاصل (على سبيل المثال، لحظة عطف الكاحل الظهري أثناء الدفع).

ميكانيكا العدو وتأثيرها من الناحية التدريبية والميكانيكية في سباق 200 متر:

دورة العدو (Run Cycle):(34)

تعرف دورة العدو بأنها التسلسل الحركي الذي يمر به الطرف السفلي خلال خطوة واحدة كاملة أثناء الجري، تبدأ من ملامسة القدم للأرض وتنتهي عند عودتها لنفس النقطة. وتتميز هذه الدورة بغياب مرحلة التلامس المزدوج، ووجود مرحلة طيران تكون فيها كلتا القدمين غير ملامستين لسطح الأرض، مما يميز العدو عن المشي من الناحية الميكانيكية والوظيفية.

تنقسم دورة العدو إلى مرحلتين رئيسيتين:

أولا: مرحلة الارتكاز (Stance Phase)

تمثل تقريبًا 40% من الدورة، وهي الفترة التي تكون فيها القدم ملامسة للأرض.

وتنقسم إلى ثلاث مراحل فرعية:

1- الاتصال الاولي (Initial Stance):

تبدأ دورة العدو عندما تلامس القدم الأرض، إما بالكعب أو منتصف القدم (يعتمد على تقنية الجري).

المفاصل تستعد لامتصاص الصدمة.

العضلات تبدأ بالانقباض التلقائي لتحقيق التوازن.

2- منتصف مرحلة الارتكاز (Mid Stance):

يتم امتصاص تأثير الاصطدام، ويبدأ مفصل الركبة والكاحل بالانثناء بشكل ملحوظ لتقليل الحمل.

مركز ثقل الجسم يمر فوق القدم.

العضلات الرباعية والعضلات الخلفية للفخذ تنشط لتثبيت المفاصل.

3- نهاية مرحلة الارتكاز (Terminal Stance):

يبدأ الكعب بالارتفاع، وتبدأ أصابع القدم في دفع الأرض بقوة إلى الخلف، مما يدفع الجسم للأمام.

تمدد قوي في مفصل الورك والركبة والكاحل.

تُعد هذه المرحلة حاسمة في تحديد سرعة العداء.

ثانيا: مرحلة التأرجح (Swing Phase):

تمثل تقريبًا 60% من الدورة، وهي الفترة التي تكون فيها القدم مرتفعة عن الأرض.

وتنقسم إلى ثلاث مراحل فرعية:

1- بداية التأرجح (Initial Swing):

تبدأ القدم بالصعود عن الأرض مباشرة بعد الدفع.

الركبة تنثني بشكل كبير.

عضلات الورك والكاحل تسحب الساق للأمام.

2- منتصف التأرجح (Mid Swing):

تكون الساق في أعلى نقطة من الحركة، ومستمرة في التقدم للأمام.

الركبة لا تزال مثنية.

القدم تمر بجانب القدم الأخرى (الداعمة أو التي في بداية التلامس).

3- نهاية التأرجح (Terminal Swing):

تبدأ الركبة في الامتداد، وتتهيأ القدم لملامسة الأرض من جديد.

المفاصل تستعد لمرحلة التلامس.

تكون العضلات في وضع نشط لتحسين التحكم والاستقرار عند الهبوط.

ثالثا: مرحلة الطيران (Float Phase):

وهي مرحلة خاصة وفريدة في العدو، تحدث بين نهاية الدفع وبداية الاتصال التالي، حيث تكون كلتا القدمين معلقتين في الهواء تمامًا.

تزداد مدتها كلما زادت سرعة العداء.

تُميز العدو عن المشي بشكل واضح.

تتطلب تحكمًا عاليًا في الاتزان والعضلات الأساسية.

الخطوات وتأثيرها على العدو:

في سباق العدو، تُعدّ خطوات الجري من العوامل الحيوية التي تحدد الأداء الرياضي، حيث تؤثر على كيفية توزيع القوى والحفاظ على استقامة الجسم (الانحرافات القوامية) وكذلك على المتغيرات الكينماتيكية مثل زوايا المفاصل وحركة مركز الثقل. وفيما يلي نظرة تفصيلية لتأثير الخطوات على العدو من حيث الانحرافات القوامية والتغيرات الكينماتيكية:

1- أهمية طول الخطوة وتواترها:

• تُساهم الخطوات الطويلة في تحقيق سرعة أكبر، إذ تسمح بقطع مسافات أطول في كل خطوة؛ لكن زيادة الطول بدون توافق عضلي كافٍ قد تؤدي إلى فقدان التوازن وزيادة الإجهاد على المفاصل.

• تُزيد الخطوات القصيرة من تواتر الخطوات (أي عددها في الدقيقة) مما قد يساعد في الحفاظ على استقرار أكبر أثناء الجري، إلا أنها قد تقلل من السرعة إذا لم يتم تحقيق التوازن المثالي.

2- تأثير الخطوات على الانحرافات القوامية:

• تساعد الخطوات المتناسقة والمتوازنة على الحفاظ على استقامة الجسم خلال الجري، مما يقلل من الانحرافات القوامية التي قد تؤثر سلبًا على نقل القوى.

• في حالة وجود اختلاف بين طول الخطوات أو عدم انتظامها، يتغير موقع مركز الثقل مما يؤدي إلى ميلان الجسم أو انحرافه عن خط السير الصحيح؛ وهذا بدوره قد يُعرقل الأداء الرياضي ويزيد من مخاطر الإصابات.

3- التغيرات الكينماتيكية أثناء العدو:

• تتأثر زوايا المفاصل (مثل مفاصل الركبة، الكاحل، والورك) بمدى طول الخطوة وتواترها؛ فزيادة طول الخطوة يمكن أن تؤدي إلى تغيير زوايا الانطلاق والاستقبال، مما يؤثر على فاعلية الدفع الأرضي.

• التغير في زمن التلامس مع الأرض (المرحلة التي يكون فيها القدم على الأرض) يؤثر بشكل مباشر على انتقال الطاقة؛ فالخطوات المثالية تظهر زمن تلامس قصير يعزز التسارع والسرعة.

4- التأثير على الأداء الرياضي:

• تحقيق التوازن بين طول الخطوة وتواترها يُساعد العداء على تحسين كفاءته الحركية، تقليل استهلاك الطاقة، والحفاظ على الوضعية السليمة للجسم طوال السباق.

• التدريبات التي تركز على تحسين تقنية الخطوات (من خلال تمارين القوة والتنسيق والتحليل الرقمي) تُساهم في تقليل الانحرافات القوامية والتغيرات الكينماتيكية غير المثالية، مما يرفع من مستوى الإنجاز الرقمي للعدائين.

القوى المؤثرة على العدو:

1- قوى الوزن والجاذبية

• قوى الوزن هي القوة التي تؤثر بها الأرض على الجسم نتيجة الجاذبية.

• التأثير على العدو:

• تؤثر قوى الوزن والجاذبية عموديًا لأسفل على العداء، مما يجعله بحاجة إلى قوة دفع رأسية لمعادلة تأثيرها عند القفز أو تغيير الارتفاع.

تُعتبر قوة الجاذبية من القوى الأساسية التي تؤثر في حركة الإنسان على سطح الأرض، حيث تسحب الجسم نحو مركز الأرض، مما يُسهم في الحفاظ على التوازن أثناء المشي والعدو. أثناء المشي، تُساعد الجاذبية في دفع الجسم للأمام من خلال تأثيرها على القدم الملامسة للأرض، مما يُحسن من كفاءة الحركة. أما في العدو، فإن الجاذبية تُؤثر على سرعة الانطلاق وارتفاع القفزات، حيث يعمل الرياضي على مقاومة تأثيرها لتحقيق أداء أفضل.

أشارت دراسة لـ Winter (2009) إلى أن الجاذبية تُؤثر بشكل كبير على الاستقرار الديناميكي أثناء المشي والعدو، حيث تتطلب مقاومة تأثيرها تنسيقًا دقيقًا بين العضلات والمفاصل للحفاظ على التوازن وتحقيق الأداء الأمثل.

2- قوى الاحتكاك (Frictional Force):

الاحتكاك هو القوة التي تنشأ بين قدم العداء وسطح الأرض، وتساعد في توليد الدفع للأمام. يمكن تقسيمه إلى نوعين:

• احتكاك ثابت: القوة التي تمنع الانزلاق أثناء دفع القدم.

• احتكاك حركي: يحدث عند وجود حركة نسبية بين القدم وسطح الأرض.

• التأثير على العدو:

تُعد قوة الاحتكاك بين القدم وسطح الأرض من العوامل الحاسمة في عملية العدو، حيث توفر الثبات اللازم وتمنع الانزلاق. أثناء العدو، تعتمد قدرة العدّاء على الدفع والتسارع على وجود احتكاك كافٍ بين الحذاء وسطح الأرض. وقد أظهرت دراسة بعنوان "تأثير معامل الاحتكاك بين أقدام رامي القرص وأرضية دائرة الرمي على الإنجاز" أن معامل الاحتكاك يلعب دورًا مهمًا في تحسين الأداء الرياضي، حيث يؤثر على استقرار الحركة وكفاءة الأداء. وأشارت الدراسة إلى أن زيادة معامل الاحتكاك بين القدم وسطح الأرض يساهم في تحسين التوازن والاستقرار أثناء الأداء الحركي، مما يؤدي إلى تحسين النتائج الرياضية.

3- قوى الدفع (Propulsion forces):

• قوى الدفع هي القوة التي يولدها العداء عن طريق دفع الأرض للخلف، ما يؤدي إلى تحركه للأمام وفقًا لقانون نيوتن الثالث (لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه).

• التأثير على العدو :

قوى الدفع، فهي تُعد المصدر الرئيسي للتسارع في الجري. حيث أوضح Winter (2009) أن الدفع يتولد من انقباض عضلات الأطراف السفلية – وخصوصًا عضلات الساق والورك – في المرحلة التي تلي ملامسة القدم للأرض، وتزداد أهمية هذه القوة كلما زادت سرعة الجري. كما بيّنت دراسة منشورة على موقع جامعة المستنصرية (2022) أن العدائين المتميزين يُظهرون قدرة أعلى على توليد قوى دفع كبيرة خلال فترة زمنية قصيرة، ما يساعدهم على الوصول إلى سرعات عالية بسرعة أكبر.

الحركة الميكانيكية للركبة والكاحل أثناء العدو :

أولًا: ميكانيكية الركبة أثناء العدو (17,21,48)

1- مرحلة الارتكاز (Stance Phase) أثناء العدو:

• تبدأ عندما تلامس القدم الأرض وتنتهي عندما تغادر الأرض.

• يكون مفصل الركبة مثنيًا بزاوية تتراوح بين 35-45 درجة عند ملامسة الأرض، لامتصاص الصدمة الناتجة عن الهبوط.

• عند دفع الجسم للأمام، يتم تمديد الركبة لتوليد قوة دفع أمامية (Propulsive Force) تساعد في زيادة السرعة.

العضلات الأساسية:

• عضلات الفخذ الأمامية (Quadriceps): تساعد في استقرار الركبة وامتصاص الصدمة أثناء ملامسة الأرض.

• عضلات الفخذ الخلفية (Hamstrings): تعمل على تثبيت المفصل أثناء الدفع ومنع فرط تمديد الركبة.

2- مرحلة التأرجح (Swing Phase) أثناء العدو:

• تبدأ عندما تترك القدم الأرض وتنتهي عندما تعود للهبوط.

• ترتفع الركبة بزاوية تصل إلى 90 درجة، مما يساعد في تقليل زمن التلامس مع الأرض وزيادة كفاءة الخطوة.

• كلما زادت سرعة العداء، زاد ارتفاع الركبة وانخفاض زمن الانتقال.

العضلات الأساسية:

•العضلة القطنية الحرقفية (Iliopsoas): مسؤولة عن رفع الركبة بسرعة.

•عضلات الفخذ الخلفية: تساعد في التحكم أثناء تحضير القدم للهبوط.

ثانيًا: ميكانيكية الكاحل أثناء العدو

1- مرحلة الارتكاز (Stance Phase) أثناء العدو:

• عند الهبوط، يكون الكاحل في وضع انثناء ظهري بسيط (15-20 درجة) لامتصاص الصدمة.
• يتمدد الكاحل بسرعة إلى وضع الانثناء الأخمصي (Plantarflexion) مما يولد قوة دفع أمامية قوية.
• يجب أن يكون التلامس مع الأرض على مقدمة القدم (Forefoot Strike) وليس الكعب، لتقليل الفقد الحركي وزيادة السرعة.

العضلات الأساسية:

•عضلة الساق التوأمية (Gastrocnemius) والعضلة النعلية (Soleus): مسؤولة عن الدفع القوي للأمام.

• العضلة الظنبوبية الأمامية (Tibialis Anterior): تساعد في التحكم أثناء ملامسة الأرض.

2- مرحلة التأرجح (Swing Phase) أثناء العدو:

• يظل الكاحل في وضع الانثناء الظهري (Dorsiflexion) أثناء رفع الساق، مما يسمح بحركة أسرع وأقل مقاومة للهواء.
• كلما قلَّت مقاومة الكاحل أثناء التأرجح، زادت سرعة دوران الساق.

العضلات الأساسية:

• العضلة الظنبوبية الأمامية: تمنع سقوط مقدمة القدم أثناء التأرجح.
• عضلة الساق التوأمية: تستعد لمرحلة الدفع التالية.

الانبساط والانقباض العضلي أثناء العدو (Stretching and muscle contraction)

1- الانبساط العضلي أثناء العدو (Muscle stretching) :(40,45.)

الانبساط العضلي هو نوع من الانقباض العضلي حيث تطول وتتمدد الألياف العضلية تحت تأثير قوة خارجية. في أثناء العدو، تحدث الاطالة العضلية خلال عدة مراحل من الحركة:

• المرحلة التمهيدية أو مرحلة "الهبوط":

عندما يضرب الرياضي الأرض أثناء العدو، تتمدد عضلات الساق، مثل عضلات الفخذ الخلفية والعضلات الساقية، لامتصاص تأثير الاصطدام وتحويل الطاقة الميكانيكية الناتجة عن ضرب القدم إلى طاقة قابلة للاستخدام. هذه العملية تسهم في الحفاظ على الطاقة وتحضير العضلات للمرحلة التالية.

• أهمية الاطالة العضلية في العدو: خلال هذه المرحلة، يتم تخزين الطاقة في العضلات ثم إطلاقها في المرحلة التالية (مرحلة الانقباض العضلي) لتحسين سرعة العدو.

• الانبساط العضلي يساعد على امتصاص الصدمات ويقلل من الضغط على المفاصل، مثل الركبة والكاحل، وبالتالي يُحسن الأداء ويقلل من الإصابات.

2- الانقباض العضلي أثناء العدو (Muscle contraction) :(40,45)

الانقباض العضلي هو عملية تقصير الألياف العضلية لإنتاج القوة أثناء الحركة. خلال العدو، يحدث الانقباض العضلي في عدة عضلات لتوليد الدفع الأمامي للجسم:

• المرحلة التأرجحية:

في هذه المرحلة، تقوم العضلات مثل العضلات الرباعية وعضلات الساق بالانقباض لتسريع حركة الساق للأمام وتحقيق الدفع نحو الأرض. عندما يتم الانقباض في العضلات الرباعية، فإنه يساعد في رفع الساق للأمام، بينما تقوم العضلات الساقية بتوفير الدفع للأمام في كل خطوة.

• الانقباض العضلي ينتج القوة اللازمة للانتقال من خطوة إلى أخرى، وهو ما يسمح بتكرار الحركة وزيادة السرعة خلال العدو.

3- العلاقة بين الانبساط والانقباض العضلي في العدو:

• التوازن بين الانبساط والانقباض العضلي: التوازن بين هذين النوعين من الانقباض العضلي هو ما يضمن كفاءة أكبر في العدو. الانبساط العضلي يسهم في امتصاص وتخزين الطاقة، بينما يساعد الانقباض العضلي في إطلاق هذه الطاقة وتحقيق أقصى استفادة منها. عند تكرار هذه العمليات بشكل سليم، يصبح العدو أكثر فعالية من حيث السرعة والتوفير في الجهد العضلي.

السرعة والزوايا وتأثيرها على العدو:(22)

يمكن من خلال تحليل زمن المئة متر لمعرفة مجموع الخطوات التي يقطع بها هذه المسافة التعرف على قيم كل من طول الخطوة وترددها وتحديد الضعف في هذه العوامل الذي يؤدي إلى ضعف في معدل السرعة والإنجاز الكلي والذي يعطي فكرة على الصفات البدنية التي تؤثر بشكل مباشر على هذه المتغيرات بالتالي المساعدة في بناء برنامج تدريبي لتطويرها. تمر مرحلة العدو بمراحل متتالية تتقسم إلى مراحل متتالية منذ البدء وحتى نهاية السباق من التسلسل الحركي إلى السرعة

بالتركيز على الخصائص الفنية وحركة الركبة عند الاستعداد:

• الدفع بالنشطين.

• للخلف تكون الزاوية كالتالي 90 درجة لزاوية ركبة القدم الأمامية.

والخلفية120-140

• الحوض اعلى من مستوى الكتفين والجذع يميل للأمام.

• الكتفين أمام اليدين قليلاً.

عند الانطلاق:

- يرتفع الجذع تدريجياً لأعلى لحظة دفه القدمين بقوة اتجاه المكعبات.
- ترتفع اليدين معا عن الأرض ثم تمرجح بالتناوب.
- تدفع القدم الخلفية بقوة لمسافة قصيرة بينما تدفع القدم الأمامية بقوة اقل ومسافة اطول.
- مرجح الرجل الخلفية للأمام وبسرعة بينما الجذع للأمام.
- يتم فرد مفصل الحوض والركبة في نهاية مرحلة الدفع.

مرحلة تزايد السرعة :

تختلف السرعة من عداء لأخر فكلما تقدم المستوى طالت تلك المرحلة وازدادت قدرة العداء على زيادة سرعته وقد تصل تلك المرحلةً من(50م-60م) عند العدائين المتقدمين والتي تتراوح سرعتهم 10م/ث في حين تصل تلك المرحلة من(65-67م) عند العلائق المتميزين التي تتراوح سرعتهم إلى 11- 12م.

التأثيرات البيوميكانيكية أثناء العدو على الأرض (,33,35,39,42) :

1- القوى الميكانيكية خلال الجري:

أثناء العدو، يتم تطبيق قوة رد فعل الأرض (GRF) على جسم العدّاء، وهي القوة الناتجة عن التصادم بين القدم والأرض. هذه القوى تؤدي إلى تحميل الضغط على المفاصل مثل الركبة والكاحل، ويجب على الجسم امتصاص هذه القوى بشكل صحيح لتجنب الإصابات. عند العدو على الأسطح الصلبة مثل الإسفلت، يزيد التأثير البيوميكانيكي مقارنة بالعدو على أسطح أكثر نعومة مثل الرمل أو العشب.

2- تأثير السطح الأرضي على القوى المؤثرة:

- الأسطح الصلبة تزيد من الاحتكاك وتؤدي إلى زيادة الضغط على المفاصل.
- الأسطح الناعمة مثل الرمل تخفض من الضغط على المفاصل، ولكن تزيد من العبء على العضلات لأنها توفر مقاومة أكبر
- التغيرات في الأسطح الأرضية تؤدي إلى تغيرات في القوة المؤثرة على الجسم، ما يجعل العضلات والمفاصل تتكيف بشكل مختلف.

3- التأثيرات على المفاصل:

- الركبة والكاحل هما الأكثر تأثرًا خلال العدو على الأرض بسبب القوى التي تتولد عند الاصطدام. تمثل الركبة الجزء الأكثر تعرضًا للتأثيرات الميكانيكية حيث يقوم الجسم بتوزيع الضغط على المفصل من خلال العضلات.
- العدو على الأرض يمكن أن يؤدي إلى التآكل في الغضاريف إذا لم يتم التحكم جيدًا في القوى المؤثرة، خاصة إذا كانت الحركة غير صحيحة أو إذا كانت الأرض غير مستوية.

4- التأثيرات العضلية:

يؤثر العدو على العضلات بشكل كبير من خلال عملية الاطالة والانقباض السريع أثناء الحركة. تعمل عضلات الساقين والجذع على امتصاص القوى التي تحدث عند التلامس مع الأرض، مما يساهم في تقليل التأثيرات السلبية على المفاصل، قد يسبب عدم التوازن العضلي
أو ضعف العضلات زيادة في الحمل الميكانيكي على المفاصل.

التدريب لتقليل التأثيرات البيوميكانيكية السلبية :

1- تقوية العضلات والمفاصل:

من خلال التمارين التي تستهدف تقوية العضلات التي تؤثر بشكل مباشر على المفاصل مثل تمارين الساقين والفخذين، يمكن تقليل التأثيرات السلبية الناتجة عن الجري. يجب التركيز على تمارين القوة والتوازن لتعزيز قدرة الجسم على امتصاص القوى المؤثرة بشكل صحيح.

2- تحسين تقنيات الجري:

تدريب تقنيات الجري السليمة يساعد على تقليل التأثيرات السلبية من خلال تحسين أسلوب الهبوط وتوزيع القوى على الجسم بشكل متساوٍ. الاهتمام بالهارموني بين الحركات العضلية والتقنيات يمكن أن يقلل من التوتر على المفاصل ويحسن الأداء بشكل عام.

التنفس ودوره في ميكانيكا العدو:(48)

يعتبر التنفس من العوامل الأساسية التي تؤثر على الأداء الرياضي، خاصة في رياضات التحمل مثل الجري. فهو يلعب دورًا محوريًا في تحسين كفاءة استهلاك الأكسجين، تعزيز استقرار الجذع، وتقليل الإجهاد العضلي، مما يساعد على تحسين الأداء وتأخير الشعور بالتعب.

1- تنسيق التنفس مع إيقاع الخطوات:

يحرص العداؤون المحترفون على مزامنة تنفسهم مع خطواتهم، وهي تقنية تُعرف باسم "التنفس الإيقاعي" (Rhythmic Breathing). وهناك أنماط مختلفة لهذه التقنية، أبرزها:

- نمط 2:2 – يتضمن أخذ شهيق خلال خطوتين وزفير خلال خطوتين، ويُستخدم عادة في الجري متوسط الشدة.
- نمط 3:2 – يتم فيه الاستنشاق خلال ثلاث خطوات والزفير خلال خطوتين، وهو شائع في سباقات المسافات الطويلة لأنه يساعد على تنظيم استهلاك الأكسجين بكفاءة.
- نمط 2:1أو 1:1– يعتمد على الاستنشاق خلال خطوتين ثم الزفير خلال خطوة، أو التنفس (شهيق وزفير) في كل خطوة، ويستخدم عند زيادة السرعة أو في الأمتار الأخيرة من السباق.

2- دور التنفس في استقرار الجذع والتحكم في الحركة:

يساهم التنفس الصحيح في دعم استقرار الجذع من خلال تنشيط عضلات البطن والحجاب الحاجز، مما يساعد في تقليل الحركات غير الضرورية أثناء الجري. وهذا يعزز كفاءة نقل الطاقة بين الجزأين العلوي والسفلي للجسم، مما يؤدي إلى تحسين الأداء وتقليل استهلاك الطاقة الزائد.

4- التنفس الأنفي أم الفموي؟

هناك عدة طرق للتنفس أثناء الجري، ولكل منها مزاياها وعيوبها:

- التنفس عبر الأنف – يساعد على تصفية الهواء وترطيبه، كما أنه يساهم في ضبط معدل التنفس، لكنه قد يصبح غير كافٍ عند الحاجة إلى كميات كبيرة من الأكسجين.
- التنفس عبر الفم – يسمح بمرور كمية أكبر من الهواء، ما يجعله أكثر فعالية في الجري السريع، لكنه قد يؤدي إلى جفاف الفم وزيادة فقدان السوائل.
- التنفس المختلط – الجمع بين الشهيق عبر الأنف والزفير عبر الفم يُعد استراتيجية فعالة لتحقيق توازن في كمية الأكسجين وتقليل الإجهاد العضلي.

5- تأثير التنفس على تقليل الإصابات والإجهاد

يساهم التنفس العميق باستخدام الحجاب الحاجز في تقليل الضغط على عضلات الرقبة والكتفين، كما يساعد في الوقاية من التشنجات العضلية وآلام الجنب (Side Stitch). وعلى العكس، فإن التنفس السطحي من الصدر قد يؤدي إلى توتر عضلي غير ضروري وإرهاق أسرع.

الانحرافات القوامية وتأثيرها على المشي والعدو:

1- الانحرافات القوامية:

الانحرافات القوامية هي التغيرات غير الطبيعية في وضع الجسم أو الأطراف التي تؤثر على الطريقة التي يتحرك بها الجسم. هذه الانحرافات تشمل تغييرات في المحاذاة أو توازن الهيكل العظمي، ويمكن أن تحدث في أي جزء من أجزاء الجسم مثل العمود الفقري، والركبتين، والكاحلين، والقدمين.

2- انحراف الكاحل (Ankle Deviation):

انحراف الكاحل هو التغيير غير الطبيعي في وضع الكاحل، حيث يمكن أن يكون هناك انحناء مفرط نحو الداخل أو الخارج. قد يتسبب انحراف الكاحل في شعور بالألم أو عدم الاستقرار، ويمكن أن يؤثر على الأداء الرياضي.

كيف يحدث انحراف الكاحل:

- يحدث غالبًا بسبب اختلالات في توزيع الوزن على الكاحل، أو بسبب ضعف العضلات المحيطة بالكاحل مثل العضلات المسؤولة عن التوازن.
- يمكن أن يكون ناتجًا عن إصابات سابقة أو استخدام غير صحيح للأحذية.

تأثير انحراف الكاحل على المشي والجري:

• المشي: قد يسبب انحراف الكاحل زيادة الضغط على بعض الأجزاء من القدم مما يسبب ألمًا أو تعبًا سريعًا. كما قد يؤدي إلى تغييرات في آلية المشي (مثل زيادة استخدام الأطراف الأخرى لتعويض الحركة).

• الجري: يمكن أن يزيد من خطر الإصابات مثل التواءات الكاحل، أو الألم في القدم أو الركبة، وقد يؤثر على كفاءة الجري بسبب عدم استقرار الحركة.

3- انحراف الركبة (Knee Deviation):

انحراف الركبة يشير إلى التغيرات غير الطبيعية في وضعية الركبة، ويمكن أن يشمل انحناء الركبة نحو الداخل أو الخارج (مثل الركبة المتجهة نحو الداخل أو الخارج) أو قد يكون هناك انحناء مفرط للأمام أو الخلف.

كيف يحدث انحراف الركبة:

• الركبة المتجهة نحو الداخل (O-legs) قد تكون ناتجة عن تشوهات خلقية أو بسبب ضعف العضلات المحيطة بالركبة.

• الركبة المتجهة نحو الخارج (X-legs) قد تحدث بسبب اختلالات في تطور العظام أو بعد الإصابات.

• في بعض الحالات، قد يكون ناتجًا عن تغيرات في توزيع الوزن أو تأثيرات جسدية مثل السمنة.

تأثير انحراف الركبة على المشي والجري:

• المشي: قد يؤثر على توازن الجسم ويزيد من الضغط على المفاصل الأخرى، مما يؤدي إلى التعب أو الألم في الركبة أو مفاصل أخرى.

• الجري: قد يزيد من خطر الإصابات مثل التواءات الركبة أو احتكاك المفاصل. يمكن أن يؤدي الانحراف إلى زيادة العبء على الأوتار والعضلات ويقلل من كفاءة الجري.

كيف تؤثر هذه الانحرافات في المشي والجري:

• المشي والجري هما نوعان من الأنشطة التي تتطلب توازناً ومواءمة دقيقة للحركة. أي انحرافات قوامية يمكن أن تؤدي إلى تقليل كفاءة الأداء وزيادة خطر الإصابات.

• قد تسبب الانحرافات القوامية مثل انحرافات الكاحل أو الركبة تغييرات في أسلوب المشي أو الجري، مما قد يؤدي إلى زيادة الحمل على المفاصل أو العضلات الأخرى.

• الانحرافات قد تؤدي إلى ألم في المفاصل أو العضلات، مما يسبب انخفاض في القدرة على التحمل أثناء الجري والمشي.

2-2الدراسات السابقة أو المشابهة (المرتبطة)

الدراسات العربية:

1- الدراسة الاولى:(3)

قام الباحث أحمد فاضل علي رضا " سنة 2023" بدراسة بعنوان "تأثير تدريبات الحبال المطاطية على طول وتردد الخطوة لمراحل وإنجاز عدو 100 متر للشباب" هدفت هذه الدراسة إلى تحديد العلاقة المثلى بين طول الخطوة وترددها لتحقيق أفضل أداء في سباقات المسافات القصيرة. استخدم الباحث المنهج التجريبي لمناسبته لطبيعة البحث. أظهرت النتائج وجود توازن دقيق بين طول الخطوة وترددها؛ إذ إن زيادة طول الخطوة دون مراعاة التردد قد يؤدي إلى فقدان السرعة، والعكس صحيح بالإضافة إلى ذلك، تناولت الدراسة تأثير تدريبات الحبال المطاطية على هذين المتغيرين، فلوحظ تحسن ملحوظ في السرعة القصوى وتحملها، إلى جانب زيادة في كل من طول الخطوة وترددها، مما انعكس إيجابياً على إنجاز سباق 100 متر تؤكد هذه الدراسة على أهمية التوازن بين طول الخطوة وترددها وأثر تدريبات الجبال المطاطية في تحسين الأداء الرياضي في سباقات السرعة.

2 - الدراسة الثانية:(4)

قام الباحث إسلام عبد الرزاق "سنة "2021" بدراسة بعنوان "دراسة تأثير بعض المتغيرات الكينماتيكية على عدائي 100متر سرعة (مقارنة بين البطلين العالميين يوسين بولت وتايسون غاي)"، وارتبطت هذه الدراسة بتحليل الأداء الحركي لعدائي المسافات القصيرة. هدفت الدراسة إلى التعرف على تأثير المتغيرات الكينماتيكية في الأداء من خلال تحليل مراحل الانطلاق وزيادة السرعة، وذلك لمعرفة مدى تأثير هذه المتغيرات في مستوى الإنجاز الرقمي لعدائي100 متر. استخدم الباحث المنهج الوصفي التحليلي، وطبّق أدوات تحليل حركي لملاحظة طبيعة الأداء، حيث تم استخدام برامج تحليل فيديو ومشاهدات مباشرة لمقارنة الأداء بين العداءين بولت وغاي. وقد تمثلت أدوات البحث في تسجيلات مصورة ومقاطع فيديو ومجموعة من البرامج المساعدة في تحليل الزوايا والحركة. أظهرت نتائج الدراسة أن هناك تأثيرًا واضحًا لبعض المتغيرات مثل زاوية ميل الجذع، زاوية الركبة للقدم الحرة، وضع مركز الثقل، وعدد الخطوات وطولها، وأن هذه المتغيرات ترتبط ارتباطًا مباشرًا بتحقيق الأداء الأمثل في سباقات السرعة. كما بيّنت النتائج اختلافًا في بعض مؤشرات الأداء بين العداءين، ما يبرز أهمية التوازن الحركي وتحسين الميكانيكية الحركية لتحقيق أفضل الإنجازات.

3- الدراسة الثالثة:(6)

قام الباحث العربي جمال بلحاج " سنة 2018" بدراسة بعنوان" طبيعة علاقة الارتباط لبعض المتغيرات البيو ميكانيكية لدورة المشي للممارسين للنشاط البدني والرياضي فئة 9 - 12 سنة". هدفت الدراسة إلى التعرف على طبيعة علاقة الارتباط لبعض المتغيرات البيو ميكانيكية لدورة المشي للممارسين للنشاط البدني والرياضي فئة 9 - 12 سنة. استخدم الباحث المنهج الوصفي ، وكانت عينة الدراسة قوامها 10 تلاميذ من الممارسين للنشاط البدني، وقام الباحث بتصوير الفيديو للمشي على مسلك طوله 10م، وتم استخراج كل من المتغيرات التالية، (سرعة المشي، طول الخطوة، التردد، زمن 10 أمتار، الطاقة الحركية، مؤشر كتلة الجسم)، وقد تم التوصل إلى انه توجد علاقة سلبية بين زمن المسافة المقطوعة ومختلف المتغيرات البيو ميكانيكية لدورة المشي، وقد أوصى الباحث بدراسة الفروق بين الأطفال في مؤشر كتلة الجسم وعلاقته بالطاقة المصروفة وتأثيرها على المتغيرات البيومكانيكية لدورة المشي.

4- الدراسة الرابعة:(10)

قام الباحثان حمودي وعبد الجليل" سنة 2018" بدراسة بعنوان "علاقة السرعة بطول القدم وطول الساق وطول الخطوة لدى عدائي المستوى الولائي " هدفت هذه الدراسة إلى معرفة العلاقة بين السرعة وبعض الخصائص الجسمية، وتحديدًا: طول القدم، طول الساق، وطول الخطوة لدى عدائي المستوى الولائي، وذلك لمعرفة مدى تأثير هذه المتغيرات على سرعة الجري. استخدم الباحثان المنهج الوصفي الارتباطي، ولاحظا طبيعة العلاقة بين المتغيرات، وتكوّنت عينة البحث من (30) عداءً من الذكور تتراوح أعمارهم بين 18 و24سنة، جميعهم من عدائي المستوى الولائي. تم استخدام أجهزة قياس دقيقة وتحليل فيديو للحركات الحركية، وتم اختبارهم بالطريقة العملية لقياس طول القدم، الساق، وطول الخطوة. أظهرت النتائج وجود علاقة معنوية سالبة بين طول الخطوة وسرعة الجري، حيث تبين أن زيادة طول الخطوة قد تؤدي إلى انخفاض السرعة لدى بعض العدائين، وهو ما يتعارض مع الفرضية القائلة بأن طول الخطوة يساعد دائمًا في زيادة الأداء. كما تبين أن العلاقة بين طول القدم والساق مع السرعة كانت ضعيفة وغير معنوية. وأوضحت الدراسة أن طول الخطوة ليس دائمًا مؤشرًا إيجابيًا لتحسين الأداء، وأن التوازن بين طول الخطوة وتكرارها هو الأفضل لتحقيق سرعة مثالية في الجري.

5- الدراسة الخامسة:(10)

قام الطالب زياني محمد والاستاذ الدكتور عمروش مصطفى"سنة 2018 , 2017"بـدراسة بعنوان "الانحرافات القوامية وانعكاسها على الاختلال البدني" هدفت الدراسة إلى التعرف على تأثير الانحرافات القوامية، مثل انحراف الركبة والكاحل، على الأداء البدني والحركي . استخدم الباحثين المنهج الوصفي التحليلي. حيث بلغت العينة مجموعة أفراد يعانون من انحرافات قوامية والمختصر هو دراسة انحرافات

القوام المختلفة، خاصةً انحراف الركبة والكاحل، وكيفية تأثير هذه الانحرافات على الأداء البدني للفرد. يشمل ذلك تأثيرات على القدرة الحركية والتحمل الجسدي، مع التركيز على كيفية تأثير تلك الانحرافات في مجالات مثل الحركة والرياضة والأنشطة اليومية وادّت إلى النتائج التي تشمل على التأكيد على أن الانحرافات القوامية تؤدي إلى اختلالات في القدرة البدنية ويمكن أن تزيد من فرص الإصابات. يتطلب الأمر تصحيح هذه الانحرافات لتحسين الأداء البدني والحد من المشاكل الصحية المستقبلية.

6- الدراسة السادسة:(12)

قام الباحثين حيدر فائق الشماع وسهير متعب "2012" بدراسة بعنوان " التحليل الكمي لمعدل طول الخطوة وترددها باستخدام جهاز (Sport Dittmann) وعلاقتهما بإنجاز لفعالية ركض 5000م لفئة العموم بأعمار 21 سنة فما فوق" هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على معدل الخطوة وترددها باستخدام جهاز (Sport Dittmann) لعدائي 5000 م لفئة المتقدمين ودراسة العلاقة بين طول الخطوة وترددها في انجاز ركض 5000م. واستخدم الباحثين المنهج الوصفي بأسلوب تحليلي وذلك لمناسبته لطبيعة البحث. تكونت عينة البحث من (8) لاعبين من لاعبي المنتخب العراقي ونادي الشرطة بألعاب القوى، وتم اختيارهم بالطريقة العمدية، وتمثلت أدوات البحث والأجهزة المستخدمة في: جهاز قياس طول الخطوة ومعدلها (Dittmann) عدد (4)، ساعة توقيت، مسدس إطلاق، استمارات تسجيل الازمان، صافرة، حاسبة هندسية نوع (Casio) واظهرت نتائج الدراسة أن لسرعة نقل القدمين أي الانتقال من خطوة إلى أخرى دور فعال وواضح في تحقيق الزمن الأفضل لفعالية ركض 5000م وألا يوجد هناك تأثير واضح لمعدل طول الخطوة وترددها على الانجاز في فعالية الركض.

الدراسات الاجنبية:

1- الدراسة الاولى:(15)

قام الباحث أوليفييه جيرارد " سنة 2025 " بدراسة بعنوان " تأثير عدم التماثل في العدو على الأداء الرياضي في الفئة العمرية من (18_35) سنة" هدفت هذه الدراسة إلى أن الفروقات الطفيفة بين جانبي الجسم شائعة بين الرياضيين ولا تشكل بالضرورة عائقًا، بل قد تكون ميزة تكتيكية، كما في حالة العداء يوسين بولت الذي كان يعاني من انحراف في العمود الفقري وتفاوت في طول ساقيه، لكنه ظل الأسرع في التاريخ. استخدم الباحث المنهج الوصفي التحليلي لمناسبته لطبيعة البحث. بلغت عينة البحث 18 طالبًا في التربية البدنية في جامعة أستراليا الغربية، والتي تقع في مدينة بيرث، أستراليا في الفئة العمرية من (18_35). وتمثلت أدوات البحث: استبيانات أو استمارات تقييم الأداء الوظيفي توصلت الدراسة إلى أنه لا يوجد دليل قاطع على أن تصحيح عدم التماثل يحسن الأداء أو يقلل الإصابات، لذا يجب على المدربين التركيز على تحسين الأداء الوظيفي للرياضيين بدلًا من فرض التماثل القسري.

2- الدراسة الثانية:(24)

قام الباحث كلاوس ماتيس وآخرون "سنة 2021" بدراسة بعنوان " الخصائص الكينماتيكية للخطوة في العدو الأقصى لعدائي النخبة" هدفت هذه الدراسة إلى تحليل العلاقة بين الخصائص الكينماتيكية لخطوة العدو القصوى وسرعة الإنجاز الرقمي للعدائين النخبة، وذلك من خلال استخدام التحليل الحركي ثنائي الأبعاد. استخدم الباحثون الكاميرا عالية السرعة وتقنية TEMPLO لتصوير خطوات العدو بدقة، وتم تحليل زوايا مفاصل الورك والركبة والكاحل، بالإضافة إلى أزمنة التلامس مع الأرض والطيران. أظهرت نتائج الدراسة وجود علاقة ارتباط موجبة بين سرعة العدو القصوى وزيادة سرعة امتداد الورك والقدم، وكذلك انخفاض زاوية المفاصل لحظة الدفع. كما بيّنت أن تقليل وقت التلامس الأرضي له دور فعال في تحسين الأداء الزمني للعدائين.

3- الدراسة الثالثة:(29)

قام الباحثون جان بنواء موران و بيير ساموزينو "سنة 2016" بدراسة بعنوان "تفسير حركيات الجري: طريقة لتحديد أهم العوامل المؤثرة في أداء العدو السريع" هدفت هذه الدراسة بتحليل العوامل البيوميكانيكية المؤثرة في أداء العدائين في السباقات السريعة. استخدم الباحثون المنهج التجريبي لمناسبته لطبيعة البحث، بلغت العينة 12 مشارك من الذكور النشطين بدنيا في الفئة العمرية (20-23) من بينهم عداءان متخصصان في عدو 200 متر. وتمثلت أدوات البحث والاجهزة المستخدمة رادار لقياس السرعة اللحظية خلال الجري. استغرق برنامج البحث 4 اسابيع اي ما يقارب الشهر. أظهرت النتائج أن التسارع الابتدائي هو العامل الأكثر تأثيرًا في تحسين الأداء، حيث يتمكن العداؤون الذين يسرعون بسرعة أكبر في البداية من تحقيق أوقات أفضل والتركيز على تحسين التسارع وتقنيات الجري مثل الزوايا والحركة يمكن أن يعزز الأداء بشكل ملحوظ في السباقات القصيرة.

4- الدراسة الرابعة (28)

قام الباحث ارتور ستروزك وآخرون "سنة 2016" بدراسة بعنوان "العلاقة بين المتغيرات الكينماتيكية لزوايا أطراف الجسم السفلي وفعالية العدو خلال مرحلة التسارع " هدفت هذه الدراسة إلى تحليل العلاقة بين المتغيرات الكينماتيكية للزاوية في مفاصل الطرف السفلي (الورك، الركبة، الكاحل) وفعالية العدو خلال مرحلة التسارع الأولى لدى فتيات يمارسن الرياضات الجماعية" بلغت عينة البحث 18 فتاة بمتوسط عمر 13.7 سنة. استخدم الباحث نظام Noraxon MyoMotion لجمع البيانات الكينماتيكية ونظام Fusion Smart Speed لقياس زمن العدو لمسافة 30 مترًا، مع التركيز على أول 10 أمتار (مرحلة التسارع). أظهرت النتائج وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين زمن العدو وبعض المتغيرات

للزاوية في الورك والكاحل، في حين لم تكن هناك دلالة في مفصل الركبة. استنتج الباحثون أن الأداء الفعّال خلال التسارع يرتبط بتقليل ثني الورك، والحفاظ على خط جري مستقيم، وزيادة الحركة الديناميكية في المستوى السهمي (الساجيتالي)، وأوصوا ببرامج تدريبية لتحسين مرونة الورك والكاحل.

5- الدراسة الخامسة:(20)

قام الباحث جاك لسكرا وآخرون " سنة 2018" بدراسة بعنوان " العلاقة بين المتغيرات الكينماتيكية للأطراف السفلية وفاعلية العدو خلال مرحلة السرعة القصوى " هدفت هذه الدراسة إلى تحديد تأثير المتغيرات الكينماتيكية في مفاصل الورك والركبة والكاحل على الأداء الحركي وسرعة الإنجاز خلال مرحلة السرعة القصوى في سباقات العدو، خصوصًا على مسافة 30 متر، وهي مرحلة تُعد مماثلة من حيث الخصائص لمرحلة الذروة في سباق 200 متر. استخدم الباحثون المنهج الوصفي التحليلي لمناسبته لطبيعة البحث، من خلال تحليل فيديو ثنائي الأبعاد لتسجيل زاوية المفاصل وسرعة حركتها أثناء الأداء، وبيّنت النتائج وجود علاقة معنوية بين بعض المتغيرات الكينماتيكية مثل سرعة امتداد الورك وزاوية مفصل الكاحل مع مستوى الإنجاز الزمني، مما يدل على أهمية التحكم في الميكانيكا الحركية لتحقيق أداء أعلى.

6- الدراسة السادسة(36) :

قام الباحث بيري وبورنفيلد " سنة 2010" بدراسة بعنوان " تحليل المشي: الوظيفة الطبيعية والمرضية " هدفت هذه الدراسة إلى تحليل الميكانيكا الحيوية للمشي الطبيعي والمرضي، مع التركيز على كيفية تأثير الاضطرابات العضلية الهيكلية (مثل انحرافات الركبة والكاحل)على نمط المشي، طول الخطوة وترددها وقدمت تحليل شامل للحركة البشرية أثناء المشي الطبيعي، ومقارنة ذلك بأنماط المشي غير الطبيعية الناتجة عن مشكلات في الجهاز العضلي أو العصبي أو المفاصل، وخصوصا الركبة والكاحل. استخدم الباحثان المنهج التحليلي الوصفي، حيث اعتمدا على بيانات حركية وميكانيكية تم جمعها باستخدام أدوات متقدمة لتحليل الحركة(مثل أنظمة التقاط الحركة ثلاثية الأبعاد، ومنصات القوة)، بالإضافة إلى دراسات حالة سريرية لأفراد يعانون من تشوهات في المشي. أظهرت نتائج الدراسة أن أي انحراف في مفصل الركبة (كالتقوس الداخلي أو الخارجي) أو في مفصل الكاحل (مثل القدم المسطحة أو دوران القدم للخارج)يؤدي إلى تغيرات ملحوظة في طول الخطوة ، وترددها وزمن التلامس الأرضي، مما يقلل من كفاءة المشي ويزيد من استهلاك الطاقة.

7- الدراسة السابعة:

قام الباحثون هانتر مارشال، وماكنير" سنة 2004" بدراسة بعنوان "تفاعل طول الخطوة وتردد الخطوة خلال الجري السريع" هدفت هذه الدراسة إلى فهم كيفية تفاعل كل من طول الخطوة وتردد الخطوة معًا

في تحديد سرعة العداء أثناء الجري السريع، وتحديد أي من هذين العاملين له التأثير الأكبر على تحسين السرعة. تكوّنت عينة الدراسة من 28 عداءً من الذكور والإناث بمستويات مختلفة (من غير النخبة إلى النخبة). طُلب من العدائين أداء عدو بأقصى سرعة لمسافة 40 مترًا، وتم تسجيل أدائهم باستخدام كاميرات عالية السرعة وأجهزة قياس تردد الخطوة. - طول الخطوة (المسافة بين وضع القدمين المتتاليتين)- تردد الخطوة (عدد الخطوات في الثانية)

- السرعة النهائية لكل عداء. أظهرت النتائج أن العدائين الأسرع لم يكن لديهم خطوات أطول بالضرورة من الأبطأ، ولكن تردد الخطوة المرتفع كان العامل الرئيسي الذي يميزهم. كما بيّنت الدراسة أن محاولة إطالة الخطوة عمدًا تؤدي إلى انخفاض في التردد، وبالتالي قد تقل السرعة بدلاً من زيادتها. وأشارت النتائج إلى وجود توازن طبيعي بين طول الخطوة وترددها يجب الحفاظ عليه، حيث أن لكل عداء نطاقًا مثاليًا خاصًا به من الطول والتردد لتحقيق أفضل أداء. لا يمكن تحسين السرعة ببساطة عبر إطالة الخطوة، بل إن تحسين التردد مع الحفاظ على الطول الطبيعي هو المفتاح لزيادة السرعة. ينصح الباحثون المدربين بالتركيز على تحسين التردد وقوة الدفع بدلاً من محاولة تمديد الخطوات بشكل غير طبيعي.

2-3 التعليق على الدراسات السابقة:

تعددت الدراسات التي تم استعراضها في مجال البحوث المتعلقة بالبيوميكانيك وأداء الرياضيين في سباقات السرعة، حيث ركزت على مختلف العوامل المؤثرة في الأداء الحركي مثل طول الخطوة، التردد، المتغيرات الكينماتيكية، التماثل الجسدي، والانحرافات القوامية. سنقوم بتعليق على هذه الدراسات بما يتعلق بالأهداف والمنهج المستخدم وعينة الدراسة والمعالجة الإحصائية والاستفادة منها.

الأهداف:

اتفقت الدراسات السابقة على أهمية تأثير تدريبات الساكو كتمرينات مساعدة على الأداء الخصائص البدنية والمهارية لدى الرياضيين وقدرتها على تحسين مستوى الأداء الرقمي. فقد تناولت بعض الدراسات مثل دراسة أحمد فاضل علي رضا (2023) العلاقة المثلى بين طول الخطوة وترددها لتحقيق أفضل أداء في سباقات المسافات القصيرة، إلى جانب تأثير تدريبات الجبال المطاطية على هذه المتغيرات. في حين ركزت دراسة إسلام عبد الرزاق (2020) على تحليل تأثير المتغيرات الكينماتيكية كزاوية ميل الجذع، وزاوية الركبة، وعدد الخطوات في أداء العدائين في سباق 100 متر. كما اهتمت دراسة جمال بلحاج (2018) بعلاقة بعض المتغيرات البيوميكانيكية بدورة المشي لدى الأطفال النشيطين بدنيًا، بينما تناولت دراسة زياني محمد وأستاذ الدكتور عمروش مصطفى (2017-2018) أثر الانحرافات القوامية على الأداءين البدني والحركي. وتطرقت دراسة حيدر فائق الشماع وسهير متعب

(2012) إلى العلاقة بين طول الخطوة وترددها على إنجاز ركض 5000 متر، في حين ناقشت دراسة أوليفييه جيرارد (2025) تأثير عدم التماثل في العدو على الأداء الرياضي. كما ركزت دراسة كلاوس ماتيس وآخرون (2021) على العلاقة بين الخصائص الكينماتيكية لخطوة العدو القصوى وسرعة الإنجاز، في الوقت الذي تناولت فيه دراسة جان بنواء موران وبيير ساموزينو (2016) العوامل البيوميكانيكية المؤثرة في أداء العدائين. وامتدت دراسة ارتور ستروزك وآخرون (2016) لتحليل العلاقة بين المتغيرات الكينماتيكية للزوايا في مفاصل الطرف السفلي وفعالية العدو، وكذلك فعلت دراسة جاك لسكرا وآخرون (2018) التي تناولت العلاقة بين المتغيرات الكينماتيكية للأطراف السفلية وفاعلية العدو في مرحلة السرعة القصوى.

العينات:

تنوّعت العينات المستخدمة في الدراسات السابقة بما يعكس اختلاف الأهداف والمنهجيات، حيث شملت بعض الدراسات تحليلاً لعدائين عالميين مثل يوسين بولت وتايسون غاي، بينما اعتمدت أخرى على عينات ميدانية من فئات عمرية ومهارية مختلفة. من بين هذه العينات، وُجد تلاميذ تتراوح أعمارهم بين 9 إلى 12 سنة، وعددهم 10 تلاميذ، وكذلك لاعبون من المنتخب العراقي بلغ عددهم 8 لاعبين، بالإضافة إلى 18 طالبًا من طلاب التربية البدنية، و18 فتاة يبلغ متوسط أعمارهن 13.7 سنة، و12 عداءً متخصصًا في سباق 200 متر. كما شملت بعض الدراسات عدائي النخبة دون تحديد عددهم، بينما لم تُذكر أعداد العينات في بعض الدراسات الأخرى بشكل واضح أو دقيق.

المعالجة الاحصائية:

تباينت طرق المعالجة الإحصائية في الدراسات السابقة، حيث لم تذكر العديد من الدراسات طرقًا إحصائية محددة في ملخصاتها أو نتائجها، مما يصعّب من عملية التقييم الكمي الدقيق لنتائجها. فقد غابت الإشارة إلى الأساليب الإحصائية بشكل واضح في عدد من الدراسات، مما يشير إلى وجود نقص في توضيح الأدوات المستخدمة لتحليل البيانات. في المقابل، اعتمدت بعض الدراسات على أدوات تحليل دقيقة وموثوقة، مثل استخدام التحليل الحركي والقياسات الدقيقة، بالإضافة إلى الاعتماد على أجهزة الرادار لقياس السرعة اللحظية، وهو ما يعكس توجهًا نحو استخدام تقنيات علمية متقدمة في دراسة الأداء الرياضي. كما تم توظيف التحليل الكينماتيكي في بعض الأبحاث، إلى جانب تحليل الفيديوهات الحركية لاستخلاص النتائج المتعلقة بفعالية الحركة وجودتها. يعكس هذا التفاوت في طرق المعالجة الإحصائية تفاوتًا في الدقة والعمق العلمي بين الدراسات، ويبرز الحاجة إلى اعتماد أساليب إحصائية واضحة ومنهجية دقيقة عند معالجة البيانات لضمان موثوقية النتائج وقابليتها للتطبيق العملي.

في ضوء ما أشارت اليه الدراسات السابقة فقد استفادت الباحثات من الدراسات الآتي:

أجمعت الدراسات السابقة على أهمية التوازن بين طول الخطوة وترددها في تحسين الأداء الرياضي، وأشارت إلى فعالية بعض التدريبات مثل تدريبات الجبال المطاطية في تعزيز السرعة القصوى وتحملها. كما برز دور التوازن الحركي وتحسين الميكانيكا الحركية كأحد العوامل الأساسية لتحقيق الأداء الأمثل في سباقات السرعة. وأثبتت إحدى الدراسات وجود علاقة سلبية بين زمن قطع المسافة وبعض المتغيرات البيوميكانيكية لدورة المشي، مما يدل على تأثير هذه المتغيرات على جودة الحركة. أوصت بعض الدراسات بضرورة تصحيح الانحرافات القوامية، لما لذلك من أثر مباشر في تحسين الأداء البدني وتقليل احتمالية الإصابات. وأظهرت نتائج أخرى أن سرعة نقل القدمين تلعب دورًا مهمًا في إنجاز الركض، في حين لم يكن هناك تأثير واضح لطول الخطوة وترددها في بعض الحالات. من جانب آخر، أشارت إحدى الدراسات إلى عدم وجود دليل قاطع على أن تصحيح عدم التماثل الجسدي يؤدي إلى تحسين الأداء، مما يعزز فكرة التركيز على الأداء الوظيفي بدلاً من السعي إلى التماثل الكامل في بنية الجسم.

كما أكدت بعض الدراسات على أن تقليل وقت التلامس مع الأرض وزيادة سرعة امتداد الورك والقدم يساهم بشكل فعال في رفع مستوى أداء العدائين، بالإضافة إلى أهمية التسارع الابتدائي كعامل حاسم في تحسين الأداء الزمني. وأشارت نتائج أخرى إلى أن تقليل ثني الورك والحفاظ على خط جري مستقيم يؤثران إيجابًا على التسارع، إلى جانب أهمية التحكم في ميكانيكا الورك والكاحل كعامل مؤثر في تحسين الأداء العام للعدائين.

الاستنتاج العام:

تظهر الدراسات التي تم استعراضها أن هناك اهتمامًا كبيرًا بفهم تأثير المتغيرات البيوميكانيكية على أداء الرياضيين، خاصة في سباقات السرعة. غالبًا ما تتضمن هذه الدراسات تحليل حركي دقيق واستخدام أدوات قياس متقدمة، مما يعكس تطورًا ملحوظًا في المنهجيات المستخدمة. يبرز أهمية التوازن بين المتغيرات مثل طول الخطوة، التردد، وزاوية المفاصل لتحقيق الأداء الأمثل. بشكل عام، تؤكد هذه الدراسات على أن تحسين الأداء الرياضي لا يتطلب فقط التدريب البدني بل يتطلب أيضًا تحسين الوعي الحركي والميكانيكا الحيوية للرياضيين.

3-1 منهج البحث :

تتناول هذه الدراسة:

العلاقة بين الانحرافات القوامية والتغيرات الكينماتيكية ومستوى الإنجاز الرقمي في سباق 200 متر عدو، وقد تم اعتماد المنهج الوصفي التحليلي باعتباره الأنسب للكشف عن طبيعة العلاقات الارتباطية بين المتغيرات قيد البحث.

أُستخدم جهاز DIERS Formetric 4D لتحليل القوام بطريقة غير تلامسيه، حيث يوفر هذا الجهاز بيانات دقيقة ثلاثية الأبعاد عن شكل العمود الفقري والانحرافات القوامية. ساهم ذلك في توصيف الظاهرة موضوع الدراسة بشكل علمي دقيق، وتحليل العلاقة بين تلك الانحرافات والتغيرات الكينماتيكية خلال الأداء الحركي، بالإضافة إلى ارتباطها بمستوى الإنجاز الرقمي في سباق 200 متر عدو.

تهدف الدراسة إلى تقديم فهم أعمق للعوامل المؤثرة في الأداء الرياضي، وإبراز أهمية تقييم القوام والتغيرات الحركية لدى الرياضيين لتحسين مستويات الإنجاز في المسابقات القصيرة.

3-2 مجتمع البحث:

يتكوّن مجتمع البحث من طلاب كلية علوم الرياضة والنشاط البدني - المستوى السادس- والذين درسوا مقرري ألعاب القوى، مما يمنحهم خلفية أكاديمية وعملية تؤهلهم لفهم وتحليل الجوانب الفنية والكينماتيكية في سباقات السرعة، وبشكل خاص سباق 200 متر.

3-3 عينة البحث:

تم اختيار عينة البحث من مجتمع طالبات المستوى السادس بكلية علوم الرياضة والنشاط البدني، وفق معايير محددة لضمان التجانس والاتساق في النتائج، وتمثلت هذه المعايير في:

- امتلاك المشاركين لخبرة رياضية في سباقات السرعة.
- خلوهم من الإصابات الحركية المزمنة التي قد تؤثر على الأداء.
- توافق الخصائص العمرية والبدنية لأفراد العينة لضمان دقة التحليل.

الاسم	مجموع طول الخطوة المزدوجة	التردد
1	80.5	90.0
2	83.8	108.0
3	76.5	93.0
4	83.8	96.0
5	72.1	108.0
6	74.9	96.0
7	80	96.0
8	83.7	87.0
9	87.4	84.0

Sports Culture 16 (1) (2025) 321-373
http://doi.org/10.25130/sc.25.1.22

10	74.5	96.0
11	87.4	84.0
12	86.6	84.0
13	78.2	108.0
14	66.6	96.0
15	96	84.0
16	83.6	96.0

جدول (2) يوضح طول الخطوة وترددها للعينة

جدول (3) يوضح بيانات الطول والوزن للعينة

الاسم	الطول	الوزن	عدو200م
1	155	59.3	49.34
2	164	58.4	50.63
3	160	49	40.48
4	166	72	23.21
5	168	73	21,22
6	175	56,2	36.8
7	161	51	45
8	158	50	47
9	155	50	45
10	165	57.60	34.30
11	169	64	32.89
12	157	60.5	48
13	152	59	50,05
14	165	50	40.08
15	158	44.2	46.73
16	150	40.2	43.38

3-4 وسائل جمع البيانات:

تم اعتماد مجموعة من الوسائل والأدوات لجمع البيانات بما يتماشى مع أهداف البحث وتساؤلاته، وذلك على النحو الآتي:

- **العينة ومكان جمع البيانات:**

شملت العينة القصدية (20) طالبة من كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، تم اختيارهن وفق معايير معينة لضمان التجانس. جُمعت البيانات من خلال استبيان داخل بيئة أكاديمية وتنفيذ الطالبات لمهارتي الجري والمشي، بينما أجريت القياسات القوامية داخل المستشفى المخصص لذلك.

• **التصوير الحركي وتحليل القوام باستخدام جهاز Diers Formetric 4D :(25)**

تم استخدام التصوير الحركي عبر كاميرات فيديو عالية الجودة لتسجيل الأداء الحركي للعينة.

وتم بعد ذلك تحليل هذه التسجيلات باستخدام برامج تحليل الحركة لاستخراج البيانات الكينماتيكية المتعلقة بالزوايا المفصلية، وضعيات الجسم، تردد الخطوة، وأنماط الحركة الديناميكية.

تم إجراء القياسات القوامية في مستشفى الملك عبدالله في الجامعي باستخدام جهاز Diers Formetric 4D، وقد ساعد الجهاز في تقديم بيانات دقيقة حول الانحرافات القوامية كميل الحوض، التواء العمود الفقري، والاختلافات الجانبية مثل تقوس الركبة للداخل او الخارج.

الأدوات المستخدمة:

- جهاز Diers Formetric 4D
- جهاز السير الكهربائي.
- الميزان.
- المؤقت.
- المضمار.
- علامات البداية والنهاية.
- ورق وقلم.

3-5 إجراءات البحث الميدانية:

تم تطبيق الإجراءات المتعلقة في مستشفى الملك عبدالله الجامعي بتاريخ:

- الثلاثاء 2025/3/18
- الأربعاء 2025/3/19

الإجراءات:

1- تحديد العينة وتوزيع الاستبانة:

قُدمت استبانة أولية إلى مجموعة من الأفراد بهدف جمع البيانات اللازمة لتحديد العينة المناسبة وفق معايير الدراسة. وقد ساعدت هذه الاستبانة في تصفية المشاركين وتحديد المؤهلين للمشاركة في الجلسات بناءً على متغيرات الدراسة المستهدفة.

2- الوقت والتواريخ:

تم تنفيذ الجلسات البحثية على مدار يومين متتاليين؛ حيث بدأ الحضور في اليوم الأول (الثلاثاء 2025/3/18م) عند الساعة 9:00 صباحًا، وبدأت أولى الجلسات في الساعة 10:00 صباحًا. وتم استكمال الجلسات في اليوم الثاني (الأربعاء 2025/3/19م) في التوقيت ذاته.

3- العينة المشاركة:

بلغ إجمالي عدد الأفراد المشاركين 16 طالبة، منهم 10 طالبات في اليوم الأول و6 طالبات في اليوم الثاني. وقد تم اختيارهم بناءً على نتائج تحليل الاستبانات الموزعة، مع الالتزام بسرية البيانات وتطبيق المعايير الأخلاقية.

4- طريقة العمل:

تم استقبال المشاركات وفق مواعيد محددة، بحيث خُصصت جلسة فردية لكل مشاركة استغرقت ثلاث ساعات. تضمنت الجلسة:

- إدخال البيانات الأساسية.
- تطبيق العلاج الطبيعي وفق البرنامج المعد.
- متابعة فردية من قبل أعضاء الفريق المختص.

وقد أُجريت الجلسات تحت إشراف مباشر لضمان دقة التطبيق وتوحيد الإجراءات، مع توزيع المهام بين الباحثين حسب التخصص.

التجربة الاستطلاعية:

قامت الباحثات بإجراء التجارب الاستطلاعية ابتداء من يوم الأحد الموافق 26/ 01 /2025 على عينه قدرها (16) طالبة من خارج العينة الاصلية وتم اختيارها بالطريقة العشوائية وذلك لهدف التعرف على النقاط التالية :

1- معرفة كيفية تأدية الاختبار .

2- الموافقة على تأدية الاختبار (مرفق6).

3- معرفة الاخطاء والمشاكل الممكنة أثناء التطبيق وتفاديها .

4- التأكد من توافر الأدوات وصلاحيتها .

5- معرفه كيفية تشغيل الجهاز .

6- إصدار التصاريح و الإجراءات من أجل مواعيد المستشفى (مرفق2)(مرفق1).

المعاملات العلمية للاختبارات قيد البحث:

تم التحقق من صدق الاختبار في البداية باستخدام الصدق الظاهري (Face Validity) من خلال عرضه على (اثنين) من المحكّمين ذوي الاختصاص والخبرة للقيام بتحكيمه (مرفق 5)، وذلك بعد أن اطلع المحكّمان على عنوان الدراسة وتساؤلاتها وأهدافها، لإبداء آرائهما وملاحظاتهما حول الاختبار

وصدقِه في الكشف عن المعلومات المستهدفة للدراسة، بالإضافة إلى النظر في الاختبار وغيره مما يراه الخبيران مناسبًا. وقد جاءت آراء المحكّمين كما يلي:

1- أشار المحكّم الأول إلى أن أدوات القياس المستخدمة في الدراسة مثل ميزان الطول والوزن، وساعة التوقيت، وجهاز Diers Formetric 4D تعكس دقة واحترافية في جمع البيانات، كما أن اختبار مضمار 200 متر واقعي ويقيس الأداء الفعلي للعدّاء بشكل مباشر، مما يعزّز من صدق الاختبار في الكشف عن العلاقة بين الانحرافات القوامية والإنجاز الرقمي.

2- ورأى المحكّم الثاني أن فقرات الاختبار مناسبة ومرتبطة ارتباطًا وثيقًا بأهداف الدراسة وتساؤلاتها، وتغطي جميع الجوانب المطلوبة من المتغيرات القوامية والكينماتيكية، كما أشاد باستخدام جهاز Diers Formetric 4D كونه من الأجهزة الحديثة عالية الدقة في تحليل وضعية الجسم.

3- واتفق المحكّمان على أن أدوات الدراسة المختارة مناسبة علميًا وعمليًا، وأن تصميم الاختبار يحقق صدقًا ظاهريًا جيدًا، حيث يلامس الواقع العملي لأداء العدّائين في سباق 200 متر ويقيس المتغيرات المعنية بشكل مباشر.

1- ثبات الاختبار:

يشير إلى مدى اتساق نتائج الاختبار عند تطبيقه أكثر من مرة في ظروف متشابهة.
تم التحقق من الثبات عن طريق إعادة اختبار مهارة العدو 200 متر، وحُسِب معامل بيرسون (0.84) مما يدل على ثبات مرتفع ومقبول إحصائيًا. وهذا يدل على أن نتائج الأداء قابلة للتكرار، أي أن القياسات المستخدمة موثوقة.

2- صدق الاختبار:

الصدق الظاهري (Face Validity): تحقق من خلال عرض الاختبار على محكمين متخصصين، وأكدنَ أن محتوى الاختبار مناسب ويقيس ما يجب قياسه.
الصدق المنطقي (Logical Validity): أدواتك (مثل Diers Formetric 4D) تقيس بدقة الانحرافات القوامية، وساعة التوقيت تقيس الإنجاز الرقمي بدقة، وهذا يعزز صدق الاختبار.
الاختبار يتمتع بدرجة جيدة من الصدق الظاهري والمنطقي، أي أنه يقيس فعلاً العلاقة بين المتغيرات القوامية والكينماتيكية ومستوى الإنجاز.

نبذة عن جهاز Diers Formetric 4D:

ملخص عمل الجهاز: يستخدم جهاز Diers Formetric 4D لتقييم الانحرافات القوامية بدقة، خصوصًا في زوايا الركبة والكاحل، من خلال مسح ضوئي ثلاثي الأبعاد خالٍ من الإشعاع. يعتمد

الجهاز على تحليل طبوغرافي لسطح الجسم يتيح الكشف عن اختلالات المحاذاة في الطرف السفلي، مما يساعد في التشخيص وتحديد الخطط العلاجية بفعالية، مع إمكانية تكرار الفحص بأمان لمتابعة التقدم دون تعريض المريض للإشعاع.

بيانات الجهاز: هو أداة متقدمة لتحليل زوايا الطرف السفلي، وخاصة زوايا مفصل الركبة والكاحل، أثناء الوقوف أو الحركة، ومقارنتها بالنمط الطبيعي. يوفر مقياس Diers Formetric 4D طريقة آمنة لمراقبة وتقييم الانحرافات الزاوية لمفاصل الركبة والكاحل بمرور الوقت. يتيح هذا التقييم دقة عالية دون الحاجة إلى المزيد من التقييمات الشعاعية، كما أن هناك حاجة أيضًا إلى قيم مرجعية للإشارة إلى التغيير الوضعي.

طريقة عمل الجهاز:

يعتمد جهاز Diers Formetric 4D على تسليط خطوط ضوئية على السطح الخلفي للطرف السفلي، ويقوم بتحليل تشوه هذه الخطوط الناتج عن اختلافات سطح الجسم لتكوين نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد يوضح شكل الساق وزوايا المفاصل مثل الركبة والكاحل.

يُجري الجهاز قياساته بناءً على نقاط مرجعية على الجلد لتحديد وضعية الجسم والانحرافات المحتملة، كما يربط هذه البيانات بحركة المفاصل والعمود الفقري.

اختبارات البحث:

منهجية البحث باستخدام جهازDIERS FORMETRIC 4D:

اعتمدت هذه الدراسة على منهجية منظمة لجمع البيانات وتحليلها، وفق الخطوات التالية:

- استقطاب العينة:

تم جمع العينة البحثية من خلال نشر استبيان إلكتروني، استهدف لاعبات في المرحلة السادسة والثامنة. كان الهدف من هذه الخطوة تحديد المشاركات المناسبات للدراسة، من أجل فحص تأثير الانحرافات القوامية عليهم.

- الاختبارات الحركية:

خضعت العينة المختارة لاختبارات مضمار ميدانية، بهدف قياس سرعة اللاعبات وتحديد مدى تأثر أدائهن البدني بالعوامل القوامية المحتملة.

- القياسات الأنثروبومترية:

تم تسجيل بيانات الطول والوزن لكل لاعبة، وذلك للتحقق من العوامل الجسمانية التي قد يكون لها دور في تفسير النتائج.

- الفحص باستخدام جهازDIERS FORMETRIC 4D :

كخطوة نهائية تم اجراء القياسات القوامية بغرفة قياس العضلات الهيكلية Musculoskeletal Assessment بالمستشفى باستخدام جهاز DIER S FORMETRIC 4D الذي يعتمد على تقنية التحليل رباعي الأبعاد لتقيم وضعية العمود الفقري والانحرافات القوامية لزوايا الركبة والكاحل بدقة.

تعتمد هذه المنهجية على الربط بين الأداء البدني والانحرافات القوامية، مما يتيح فهمًا أعمق لتأثير المشكلات القوامية على سرعة اللاعبات وأدائهن الرياضي.

3-6 الوسائل الإحصائية للبحث:

استعمل الباحثات الإحصاء الوصفي لتلخيص وعرض البيانات الخاصة بالمتغيرات محل الدراسة، مما يساعد في تكوين فهم مبدئي للعينة المدروسة. تشمل أدواتها:

- المتوسط الحسابي:

لحساب القيم المتوسطة للمتغيرات مثل أزمنة السباق، زوايا الانحراف للكاحل والركبة، وطول الخطوة.

- الانحراف المعياري:

لمعرفة مدى تشتت القيم حول المتوسط، وهو مهم لفهم مدى تفاوت الإنجاز الرقمي بين اللاعبين.

- المدى:

لحساب الفرق بين أعلى وأدنى القيم لكل متغير، مثل أقل وأعلى زمن مسجل في السباق.

- النسب المئوية:

لتحديد مدى انتشار أنواع الانحرافات القوامية بين العدّائين، مما يعطي صورة واضحة عن مدى تأثيرها على الأداء.

استعمل ايضا تحليل البيانات الكينماتيكية لتحليل الحركات الميكانيكية للعدّائين أثناء السباق، حيث يتم الاعتماد على:

- برامج تحليل الحركة (مثل جهاز DIERS FORMETRIC 4) لاستخراج بيانات دقيقة عن تحليل المشي، انحرافات الجزء السفلي للجسم، معدل التردد، طول الخطوة.

4-1عرض النتائج:

نظرًا لعدد العينة المطبق عليها الدراسة قليل (16 متدربة) ينبغي أولاً التحقق من كون العينة تتبع التوزيع الطبيعي من خلال اختبار كروموكوفو سمرنوف، و اختبار شابيرو ولك ومنها نحدد الأسلوب الإحصائي المناسب ويوضح جدول (1) نتيجة اختبار التحقق من التوزيع الطبيعي للعينة:

جدول (4) التحقق من التوزيع الطبيعي

المتغير	شابيرو ولك		كروموكوفو سمرنوف	
	درجات الحرية	مستوى الدلالة	درجات الحرية	مستوى الدلالة
الطول	16	0.69	16	0.20

http://doi.org/10.25130/sc.25.1.22

يوضح جدول (4) قيمة الاختبار الاحصائي مستوى الدلالة لكروموكوفو سمرنوف، و اختبار شابيرو ولك أكبر من 0.05 وهذا يعني أن العينة تتبع التوزيع الطبيعي والأسلوب الإحصائي المناسب لهذه الدراسة هي الأساليب الإحصائية المعملية.

السؤال الأول: هل يوجد علاقة ارتباطية بين طول الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو؟

يوضح جدول(5) العلاقة الارتباطية بين طول الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو:

جدول (5) العلاقة الارتباطية بين طول الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو

معامل ارتباط بيرسون	القيمة الاحتمالية
0.359	0.172

من الجدول (5) جاءت العلاقة الارتباطية بين طول الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو تساوي (0.359) عند مستوى دلالة (0.172) وهذا يعني أنه العلاقة الارتباطية بين طول الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو علاقة طردية ضعيفة، وهذا يعني أن كلما كانت طول الخطوة طويل كان هناك ارتفاع ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو, والعكس كذلك كلما كانت طول الخطوة قصير فهذا يعطي انخفاض ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو.

السؤال الثاني: هل يوجد علاقة ارتباطية بين تردد الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو؟

يوضح جدول (6) العلاقة الارتباطية بين تردد الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو:

جدول (6) العلاقة الارتباطية بين تردد الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو

معامل ارتباط بيرسون	القيمة الاحتمالية
0.202-	0.454

من الجدول (6) جاءت العلاقة الارتباطية بين تردد الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو تساوي (-0.202) عند مستوى دلالة (0.454) وهذا يعني أنه العلاقة الارتباطية بين تردد الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو علاقة عكسية ضعيفة, وهذا يعني أن كلما كانت هناك زيادة في تردد الخطوة فهذا يعطي انخفاض ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو والعكس كذلك كلما كانت هناك نقص في تردد الخطوة فإنه يعطي ارتفاع ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو.

السؤال الثالث: هل توجد علاقة ذات دلالة احصائية بين الانحرافات القوامية في زاوية مفصلي الركبة وزاوية الكاحل (الأيمن والأيسر) لدى العدائين في سباق ٢٠٠ متر؟

Sports Culture 16 (1) (2025) 321-373
http://doi.org/10.25130/sc.25.1.22

يوضح جدول (7) العلاقة الارتباطية بين زاوية مفصل الركبة الأيمن وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو:

جدول (7) العلاقة الارتباطية بين زاوية مفصل الركبة الأيمن وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو

معامل ارتباط بيرسون	القيمة الاحتمالية
0.217-	0.420

من الجدول (7) جاءت العلاقة الارتباطية بين زاوية مفصل الركبة الأيمن وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو تساوي (-0.217) عند مستوى دلالة (0.420) وهذا يعني أنه العلاقة الارتباطية بين زاوية مفصل الركبة الأيمن وسرعة العدائين في سباق 200 متر علاقة عكسية ضعيفة, وهذا يعني أن كلما كانت هناك زيادة في زاوية مفصل الركبة الأيمن فهذا يعطي انخفاض ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو والعكس كذلك كلما كانت هناك نقص في زاوية مفصل الركبة الأيمن فإنه يعطي ارتفاع ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو.

كما يوضح جدول(8) العلاقة الارتباطية بين زاوية مفصل الركبة الأيسر وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو:

جدول (8) العلاقة الارتباطية بين زاوية مفصل الركبة الأيسر وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو

معامل ارتباط بيرسون	القيمة الاحتمالية
0.242-	0.718

من الجدول (8) جاءت العلاقة الارتباطية بين زاوية مفصل الركبة الأيسر وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو تساوي (-0.242) عند مستوى دلالة (0.718) وهذا يعني أنه العلاقة الارتباطية بين زاوية مفصل الركبة الأيسر وسرعة العدائين في سباق 200 متر علاقة عكسية ضعيفة, وهذا يعني أن كلما كانت هناك زيادة في زاوية مفصل الركبة الأيسر فهذا يعطي انخفاض ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو والعكس كذلك كلما كانت هناك نقص في زاوية مفصل الركبة الأيسر فإنه يعطي ارتفاع ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو.

كما يوضح جدول (9) العلاقة الارتباطية بين زاوية الكاحل الأيمن وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو:

جدول (9) العلاقة الارتباطية بين زاوية الكاحل الأيمن وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو

http://doi.org/10.25130/sc.25.1.22

معامل ارتباط بيرسون	القيمة الاحتمالية
0.502	0.519

من الجدول (9) جاءت العلاقة الارتباطية بين زاوية الكاحل الأيمن وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو تساوي (0.502) عند مستوى دلالة (0.519) وهذا يعني أنه العلاقة الارتباطية بين زاوية الكاحل الأيمن وسرعة العدائين في سباق 200 متر علاقة طردية متوسطة، وهذا يعني أن كلما كانت هناك زيادة في زاوية الكاحل الأيمن فهذا يعطي ارتفاع متوسط في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو والعكس كذلك كلما كانت هناك نقص في زاوية الكاحل الأيمن فإنه يعطي انخفاض متوسط في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو.

كما يوضح جدول (10) العلاقة الارتباطية بين زاوية الكاحل الأيسر وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو:

جدول (10) العلاقة الارتباطية بين زاوية الكاحل الأيسر وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو

معامل ارتباط بيرسون	القيمة الاحتمالية
0.407	0.118

من الجدول(10)جاءت العلاقة الارتباطية بين زاوية الكاحل الأيسر وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو تساوي (0.407) عند مستوى دلالة (0.118) وهذا يعني أنه العلاقة الارتباطية بين زاوية الكاحل الأيسر وسرعة العدائين في سباق 200 متر علاقة طردية متوسطة, وهذا يعني أن كلما كانت هناك زيادة في زاوية الكاحل الأيسر فهذا يعطي ارتفاع متوسط في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو والعكس كذلك كلما كانت هناك نقص في زاوية الكاحل الأيسر فإنه يعطي انخفاض متوسط في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو.

4-2 مناقشة النتائج:

مناقشة النتائج المتعلقة بالسؤال البحث:

1. نص السؤال الأول: هل يوجد علاقة ارتباطية بين طول الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو؟

أظهرت النتائج المتعلقة بالسؤال الأول أن أنه العلاقة الارتباطية بين طول الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو علاقة طردية ضعيفة، وهذا يعني أن كلما كانت طول الخطوة طويل كان هناك ارتفاع ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو, والعكس كذلك كلما كانت طول الخطوة قصير فهذا يعطي انخفاض ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو.

وتتفق هذه الدراسة مع جان بنواء موران وبيير ساموزينو (2016)، التي أوضحت أن العوامل البيوميكانيكية مثل التسارع الأولي وتقنيات الجري تؤثر على الأداء بشكل غير مباشر، دون أن يكون طول الخطوة هو العامل الوحيد الحاسم، مما يشير إلى أهمية عناصر أخرى بجانب الطول.

كما اتفقت مع دراسة أجراها هانتر مارشال وماكنير (2004)، التي أكدت أن العدائين الأسرع ليسوا بالضرورة أصحاب الخطوات الأطول، بل أن تردد الخطوة هو العامل الأهم في التمييز بينهم، وهو ما يدعم ضعف تأثير طول الخطوة وحده على السرعة.

وتختلف هذه الدراسة عن دراسة جاك لسكرا وآخرون (2018)، التي أظهرت وجود علاقة معنوية بين بعض المتغيرات الكينماتيكية مثل امتداد الورك وزاوية مفصل الكاحل وطول الخطوة مع سرعة الأداء، مما يشير إلى تأثير أكبر لطول الخطوة خلال مرحلة السرعة القصوى.

2. نص السؤال الثاني: هل يوجد علاقة ارتباطية بين تردد الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو؟

أظهرت النتائج المتعلقة بالسؤال الثاني أن العلاقة الارتباطية بين تردد الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو تساوي (-0.202) عند مستوى دلالة (0.454) وهذا يعني أنه العلاقة الارتباطية بين تردد الخطوة وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو علاقة عكسية ضعيفة, وهذا يعني أن كلما كانت هناك زيادة في تردد الخطوة فهذا يعطي انخفاض ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو والعكس كذلك كلما كانت هناك نقص في تردد الخطوة فإنه يعطي ارتفاع ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو.

وتتفق هذه الدراسة مع جاك لسكرا وآخرون (2018)، التي أظهرت أن بعض المتغيرات الكينماتيكية، مثل زاوية المفاصل وسرعة امتداد الورك، كانت أكثر تأثيرًا من تردد الخطوة، مما يعني أن تردد الخطوة لا يعد العامل الأهم في تحديد السرعة القصوى.

كما اتفقت مع دراسة أجراها جان بنواء موران وبيير ساموزينو (2016)، التي أشارت إلى أن تسارع الانطلاق وتقنيات الجري تلعب دورًا أكبر من تردد الخطوة وحده في تحسين الأداء، ما يعزز أن العلاقة بين التردد والسرعة ليست دائمًا طردية قوية.

وتختلف هذه الدراسة عن دراسة هانتر مارشال وماكنير (2004)، التي أثبتت أن تردد الخطوة المرتفع هو العامل الحاسم في تمييز العدائين الأسرع، وليس طول الخطوة، بل إن محاولة إطالة الخطوة قد تضر بالأداء إذا جاءت على حساب التردد، مما يشير إلى علاقة طردية قوية وليس عكسية كما أظهرت نتائج الدراسة الحالية

نص السؤال الثالث: هل توجد علاقة ذات دلالة احصائية بين الانحرافات القوامية في زاوية مفصلي الركبة وزاوية الكاحل (الأيمن والأيسر) لدى العدائين في سباق ٢٠٠ متر؟

أظهرت النتائج المتعلقة بالسؤال الثالث أن العلاقة الارتباطية بين زاوية مفصل الركبة الأيمن وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو تساوي (-0.217) عند مستوى دلالة (0.420) وهذا يعني أنه العلاقة الارتباطية بين زاوية مفصل الركبة الأيمن وسرعة العدائين في سباق 200 متر علاقة عكسية ضعيفة, وهذا يعني أن كلما كانت هناك زيادة في زاوية مفصل الركبة الأيمن فهذا يعطي انخفاض ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو والعكس كذلك كلما كانت هناك نقص في زاوية مفصل الركبة الأيمن فإنه يعطي ارتفاع ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو.

كما أظهرت النتائج أن العلاقة الارتباطية بين زاوية مفصل الركبة الأيسر وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو تساوي (-0.242) عند مستوى دلالة (0.718) وهذا يعني أنه العلاقة الارتباطية بين زاوية مفصل الركبة الأيسر وسرعة العدائين في سباق 200 متر علاقة عكسية ضعيفة، وهذا يعني أن كلما كانت هناك زيادة في زاوية مفصل الركبة الأيسر فهذا يعطي انخفاض ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو والعكس كذلك كلما كانت هناك نقص في زاوية مفصل الركبة الأيسر فإنه يعطي ارتفاع ضعيف في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو.

كما أظهرت النتائج أن العلاقة الارتباطية بين زاوية الكاحل الأيمن وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو تساوي (0.502) عند مستوى دلالة (0.519) وهذا يعني أنه العلاقة الارتباطية بين زاوية الكاحل الأيمن وسرعة العدائين في سباق 200 متر علاقة طردية متوسطة, وهذا يعني أن كلما كانت هناك زيادة في زاوية الكاحل الأيمن فهذا يعطي ارتفاع متوسط في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو

والعكس كذلك كلما كانت هناك نقص في زاوية الكاحل الأيمن فإنه يعطي انخفاض متوسط في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو.

كما أظهرت النتائج أن العلاقة الارتباطية بين زاوية الكاحل الأيسر وسرعة العدائين في سباق 200 متر عدو تساوي (0.407) عند مستوى دلالة (0.118) وهذا يعني أنه العلاقة الارتباطية بين زاوية الكاحل الأيسر وسرعة العدائين في سباق 200 متر علاقة طردية متوسطة, وهذا يعني أن كلما كانت هناك زيادة في زاوية الكاحل الأيسر فهذا يعطي ارتفاع متوسط في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو والعكس كذلك كلما كانت هناك نقص في زاوية الكاحل الأيسر فإنه يعطي انخفاض متوسط في سرعة العدائين في سباق 200 متر عدو.

وتتفق هذه الدراسة مع أرتور ستروزك وآخرين (2016)، التي بيّنت وجود علاقة دالة بين بعض زوايا مفصلي الورك والكاحل وزمن العدو، مع عدم وجود علاقة معنوية في مفصل الركبة، وهو ما يتسق مع النتائج الحالية في تمييز تأثير الكاحل على الأداء أكثر من الركبة.

كما اتفقت مع دراسة أجراها بيري وبورنفيلد (2010)، التي أكدت أن الانحرافات في مفصلي الركبة والكاحل تؤثر على كفاءة الحركة، مثل طول وتردد الخطوة، مما ينعكس على الأداء العام للمشي أو العدو، خصوصًا عند وجود تشوهات قوامية.

وتختلف هذه الدراسة عن دراسة جان بنواء موران وبيير ساموزينو (2016)، التي ركّزت على العوامل الديناميكية كالسرعة اللحظية والتسارع دون التطرق المباشر لتأثير الانحرافات القوامية أو زوايا المفاصل، وبالتالي لم تُظهر علاقة واضحة بين شكل المفاصل وسرعة العدو.

5-1 الاستنتاجات:

بعد تحليل وإثراء متغيرات الدراسة ومعالجتها إحصائيًا ومناقشة نتائج الدراسة توصلنا في حدود عينة البحث إلى استنتاج ما يلي:

الاستنتاج الأول:

أظهرت النتائج وجود علاقة طردية ضعيفة بين طول الخطوة وسرعة العدائين، وهذا يعني أنه كلما زاد طول الخطوة، زادت سرعة العدّاء بشكل بسيط. لكن بما أن العلاقة ضعيفة، فإن طول الخطوة ليس العامل الأساسي الذي يحدد سرعة الأداء.

الاستنتاج الثاني:

تبيّن وجود علاقة عكسية ضعيفة بين تردد الخطوة وسرعة العدائين، أي أن زيادة عدد الخطوات في الثانية قد ترتبط بانخفاض بسيط في السرعة. وهذه العلاقة أيضًا غير قوية، مما يشير إلى أن تردد الخطوة لوحده لا يُعد مؤشرًا دقيقًا على السرعة.

الاستنتاج الثالث:

http://doi.org/10.25130/sc.25.1.22

أوضحت النتائج أن هناك علاقة عكسية ضعيفة بين زاوية مفصل الركبة الأيمن وسرعة العدائين، أي أن كلما زادت زاوية الانثناء في الركبة اليمنى، انخفضت السرعة بشكل طفيف. لكن هذه العلاقة لم تصل لمستوى الدلالة الإحصائية، مما يدل على ضعف تأثير هذا المتغير.

الاستنتاج الرابع:

كذلك وُجدت علاقة عكسية ضعيفة بين زاوية مفصل الركبة الأيسر وسرعة العدائين، بنفس الاتجاه، حيث ترتبط الزيادة في زاوية المفصل بانخفاض بسيط في السرعة، ولكنها ليست علاقة قوية أو مؤثرة إحصائيًا.

الاستنتاج الخامس:

العلاقة بين زاوية الكاحل الأيمن وسرعة العدائين كانت طردية متوسطة، وهذا يعني أن كلما زادت زاوية الكاحل الأيمن أثناء الجري، زادت سرعة العداء بشكل متوسط. وهذا قد يُفسر بأن الحركة الصحيحة للكاحل تسهم في دفع الجسم للأمام بكفاءة أكبر، خاصة في مرحلة الدفع (Push-off) من الخطوة، مما يؤدي إلى تحسين السرعة.

الاستنتاج السادس:

ايضا أظهرت النتائج على زاوية الكاحل الأيسر، حيث كانت العلاقة طردية متوسطة أيضًا. وهذا يشير إلى أن سلامة واتساق حركة الكاحل الأيسر – إلى جانب الأيمن – تلعب دورًا مهمًا في تحسين الأداء الحركي والسرعة في سباق 200 متر.

5-2 التوصيات:

1- تصحيح وضعية الجسم:

- تعليم الطالبات الوقوف والمشي بطريقة صحيحة.
- تجنب الوقوف لفترات طويلة على ساق واحدة.
- مراقبة الجلسات المدرسية ووضعيات الجلوس، وتشجيع على تغيير الوضع كل فترة.

2- دعم خارجي (إذا استدعى الأمر):

- استخدام تقويمات أو دعامات للركبة للحالات المتوسطة إلى الشديدة.
- ارتداء أحذية طبية أو نعل داخلي مخصص (Orthotics) لدعم استقامة الساق.

3- المتابعة والتوثيق:

- إعداد ملف لكل طالبة لتوثيق القياسات والتغيرات.
- إعادة التقييم كل 3–6 أشهر لقياس مدى التحسن.

4- تثقيف الطالبات وأولياء الأمور:

- التوعية بأن المشكلة شائعة ويمكن تحسينها مع الوقت.

- التأكيد على أهمية الالتزام بالتمارين والنشاط البدني المناسب.

المصادر العربية:

1- جامعة البصرة، كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة. (2024). فعالية عدو المسافات القصيرة سباق 200 م و400 م.
2- وسمية، ن.، ومناير، س. (2024). تأثير برنامج تثقيفي للوقاية من الانحرافات القوامية لدى تلميذات المرحلة الابتدائية. المجلة العلمية لعلوم وفنون الرياضة، الكويت.
3- علي رضا، أ. ف. ع. (2023). النسبة الأمثل بين طول الخطوة وترددها في إنجاز المسافات القصيرة: تأثير تدريبات الجبال المطاطية على الأداء.
4- عبد الرزاق، إ. (2021). دراسة بعض المتغيرات الكينماتيكية على عدائي 100 متر سرعة (رسالة ماجستير، معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية، جامعة العربي التبسي - تبسة).
5- الرضوان، مي. (2019–2020). اختصاص ألعاب القوى (الطبعة الأولى).
6- بلحاج، ج. (2018). النشاط البدني والرياضي، المجتمع، التربية والصحة. في العدد 00 لعام 2018.
7- حمودي، خ. أ.، وعبد الجليل، ف. ش. (2018). علاقة السرعة بطول القدم وطول الساق وطول الخطوة لدى عدائي المستوى الولائي. المجلة الدولية للرياضة والتربية البدنية، 3(2)، 113–116.
8- جامعة المستنصرية، كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة. (2018). النواحي الفنية لمسابقة ركض 200 متر.
9- هيل، سوزان. (2018). أساسيات الباي وميكانيك (أحدث طبعة؛ تاريخ النشر الأصلي 1991)، ص. 365–368.
10- زياني، محمد، & عمروش، مصطفى. (2017–2018). الانحرافات القوامية وانعكاسها على الاختلال البدني: دراسة ميدانية حول تأثير بعض الانحرافات القوامية (كالركبة والكاحل) على الأداء البدني والحركي للفرد.
11- السنجاري، أ. (2012). الميكانيكا الحيوية للرياضة والنشاط البدني. الرياض: جامعة الملك سعود.
12- الشماع، حيدر فائق، & مناف، سهير متعب. (2012). تحليل كمي لمعدل طول الخطوة وترددها باستخدام جهاز (Dittmann Sport) وعلاقتهما بإنجاز لفعالية ركض 5000م. مجلة كلية التربية الرياضية، 24(2)، بغداد.
13- الخالدي، م. ج. م. (2011). تأثير معامل الاحتكاك بين أقدام رامي القرص وأرضية دائرة الرمي على الإنجاز. جامعة بابل.
14- سعد، صالح بشير. (2009). القوام البشري وسبل المحافظة عليه (ط1). دار المعرفة الجامعية.

المصادر الإنجليزية:

15- Girard, O. (2025). Asymmetry in sprinting: The myth of perfection and the reality of performance. Journal of Sport and Health Science, 101025.
16- Menga, C. R., et al. (2024). Spatiotemporal kinematics during top speed sprinting in male intercollegiate track and field and team sport athletes. Sports Biomechanics.
17- Zhang, J., Wang, H., & Li, X. (2023). Optimization design and performance analysis of a bionic knee joint based on the geared five-bar mechanism. Bioengineering, 10(5), 582.

18- Lauenroth, A., et al. (2022). Comparison of Postural Stability and Regulation among Male Athletes from Different Sports. Applied Sciences, 12(11), 5457.
19- Gleadhill, S., & Nagahara, R. (2021). Kinetic and kinematic determinants of female sprint performance. Journal of Sports Sciences, 39(6), 609–617.
20- Mattes, K., Wolff, M., & Witte, K. (2021). Kinematic stride characteristics of maximal sprint running of elite sprinters. Journal of Human Kinetics, 77, 183–198.
21- Zhang, Y., Zhang, X., & Wang, X. (2020). Design and analysis of the bionic mechanical foot with high performance.
22- Bezodis, N. E., Willwacher, S., & Salo, A. I. T. (2019). The biomechanics of the track and field sprint start: A narrative review. Sports Medicine, 49(9), 1345–1364.
23- Mierau, A., & Waterton, P. (2018). “Muscle Activation and Efficiency in Sports Performance.” International Journal of Sports Medicine, 39(5), 434-440.
24- Iskra, J., Coh, M., & Žvan, M. (2018). Relationship between lower limbs kinematic variables and effectiveness of sprint during maximum velocity phase. Kinesiologia.
25- Rerucha, C. M., Dickison, C., & Baird, D. C. (2017). Lower extremity abnormalities in children. American Family Physician.
26- Merriman, J., & Palmer, C. (2017). “Biomechanics of Running and Jumping.” Journal of Sports Sciences, 35(9), 876-883.
27- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2017). Motor Control: Translating Research into Clinical Practice. Lippincott Williams & Wilkins.
28- Struzik, A., Konieczny, G., Stawarz, M., Grzesik, K., Winiarski, S., & Rokita, A. (2016).
29- Morin, J.-B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. International Journal of Sports Physiology and Performance,11(2), 267–272.
30- Neumann, D. A. (2016). Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation (3rd ed.). St. Louis, MO: Elsevier.
31- Enoka, R. M. (2015). Neuromechanics of human movement(5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
32- Whittle, M. W. (2014). Gait analysis: An introduction (5th ed.). Edinburgh: Churchill Livingstone.

33- Dempster, W. T., & Gaskill, S. C. (2014). Biomechanics of running on a treadmill versus solid ground. International Journal of Sports Science.
34- Kharb, A., Saini, V., Jain, Y. K., & Dhillon, M. S. (2011). A review of gait cycle and its parameters. International Journal of Physical Therapy and Rehabilitation.
35- Hunter, I., & Smith, L. (2010). The biomechanics of running: A review of running surface effects. Journal of Sports Science.
36- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). Gait Analysis: Normal and Pathological Function (2nd ed.). SLACK Incorporated.
37- Winter, D. A. (2009). Biomechanics and motor control of human movement (4th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
38- Winter, D. A. (2009). Biomechanics and Motor Control of Human Movement. Wiley.
39- Beynnon, B. D., et al. (2008). The effect of running surfaces on joint loading and injury risk. Sports Medicine.
40- Kellis, E., & Katis, A. (2007). “Biomechanical Characteristics and Neuromuscular Control of High-Speed Running.” Journal of Strength and Conditioning Research, 21(4), 1265-1272.
41- Millett, P. J., & Joyce, M. (2007). The effects of postural alignment on gait and running. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 37(7), 445-453.
42- Linthorne, N. P., & O’Connor, J. A. (2007). Biomechanics of running on different surfaces. Journal of Applied Biomechanics.
43- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? Neurophysiology.

44- Lord, S. R., Menz, H. B., & Tiedemann, A. (2003). A physiological profile approach to falls risk assessment and prevention. Physical Therapy.
45- Kuitunen, S., et al. (2002). “The Role of Eccentric Contraction in the Control of Speed during Running.” Journal of Sports Sciences, 20(5), 383-389.
46- Sahrmann, S. A. (2002). Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes. Mosby.

http://doi.org/10.25130/sc.25.1.22

47- Derrick, T. R., Hamill, J., & Caldwell, G. E. (1998). Effects of changing speed on knee and ankle joint load during walking and running. Medicine and Science in Sports and Exercise, 30(4), 552-560.

48- Bramble, D. M., & Carrier, D. R. (1983). Running and Breathing in Mammals. Science, 219(4582), 251–256.

الملاحق

رقم الملحق	العنوان
1	موافقة لجنة أخلاقيات البحث العلمي من جامعة الأميرة نورة بنت عبد الرحمن
2	موافقة مستشفى الملك عبد الله بن عبد العزيز الجامعي
3	إقرار الموافقة على مشاركة في دراسة بحثية
4	بيان بأسماء المحكمين
5	خطاب موافقة رأي المحكمين
6	استبانة المشاركة في البحث العلمي
7	أسئلة المقابلة
8	المدى الحركي لمفصل الكاحل والركبة ولدورة المشي
9	صور استخدام جهاز Diers For4D 4D
10	دليل استخدام جهاز Diers Formetric 4D بالعربي
11	دليل استخدام جهاز Diers Formetric 4D بالإنجليزي
12	دليل نسبة الانتحال