Journal of Humanities and Social Sciences Researches
(JHSSR)
ISSN: 2958-3160 (Online)

The Effect of Preventive Exercises According to Certain Biomechanical Indicators on the Muscular Balance of the Ankle Joint in Young Volleyball Players

Mohammed Fouad Mohammed Hussein[1,*], Prof. Dr. Anis Hussein Ali[1]

[1] College of Physical Education and Sport Sciences, University of Babylon, Iraq.
[*] Corresponding author, Email: phy257.mohamme.fuaad@student.uobabylon.edu.iq

Received: 16/03/2026 Accepted: 28/04/2026

Abstract

The research aimed to develop preventive exercises and identify their impact on certain biomechanical and physical indicators, and their relationship to the muscular balance of the ankle joint among young volleyball players. The researcher employed an experimental approach using a single-group design (pre-and post-test). The sample consisted of (8) young players from Al-Hashimiya Sports Club for the (2025-2026) season, selected purposefully. The program included preventive exercises (static, dynamic, and skill-based) conducted over (8) weeks with (3) sessions per week. Biomechanical angles were extracted using (Tracker) motion analysis software, muscular strength was measured via a dynamometer, and dynamic balance was assessed through the (Y-Balance Test). Statistical results (via SPSS) revealed significant differences (sig < 0.05) between the pre-and post-tests in favor of the post-tests regarding dorsiflexion, plantarflexion, and inversion angles, as well as the strength of the dorsal and plantar flexor muscles, alongside a marked improvement in dynamic balance for both legs. The researcher concluded that the proposed preventive exercises effectively enhanced the joint's functional stability and increased muscular balance, thereby improving performance efficiency and reducing the risk of common volleyball injuries.

Keywords: Preventive Exercises, Biomechanics, Muscular Balance, Ankle Joint, Volleyball.

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.005.02.0570
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

تأثير تمرينات وقائية وفق بعض المؤشرات البايوميكانيكية على التوازن العضلي لمفصل الكاحل للاعبي الكرة الطائرة الشباب

محمد فؤاد محمد حسين*[1]، أ. د انيس حسين علي[1]

[1] **كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة، جامعة بابل، العراق.**

***البريد الالكتروني للمؤلف المراسل:** phy257.mohamme.fuaad@student.uobabylon.edu.iq

الخلاصة

هدف البحث إلى إعداد تمرينات وقائية والتعرف على تأثيرها في بعض المؤشرات البايوميكانيكية والبدنية وعلاقتها بالتوازن العضلي لمفصل الكاحل لدى لاعبي الكرة الطائرة الشباب. استخدم الباحث المنهج التجريبي بتصميم المجموعة الواحدة (ذات الاختبارين القبلي والبعدي) لملائمته لطبيعة المشكلة. شملت عينة البحث (8) لاعبين من شباب نادي الهاشمية الرياضي للموسم (2025-2026)، تم اختيارهم بالطريقة العمدية. تضمن البرنامج التدريبي تمرينات وقائية (ثابتة، ديناميكية، ومهارية) استمرت لمدة (8) أسابيع بواقع (3) وحدات أسبوعية، مع التركيز على تقوية العضلات المحيطة بالمفصل وتحسين المدى الحركي. استخدم الباحث برنامج (Tracker) للتحليل الحركي لاستخراج الزوايا البايوميكانيكية، وجهاز الداينموميتر لقياس القوة العضلية، واختبار (Y-Balance) لقياس التوازن الحركي. أظهرت النتائج الإحصائية باستخدام نظام (SPSS) وجود فروق ذات دلالة إحصائية ($sig < 0.05$) بين الاختبارين القبلي والبعدي ولصالح الاختبارات البعدية في زوايا (الانثناء الظهري، الانثناء الأخمصي، والانقلاب الداخلي)، وقوة العضلات المثنية (الظهرية والأخمصية)، بالإضافة إلى تطور ملحوظ في التوازن الحركي للرجلين اليمين واليسار. واستنتج الباحث أن التمرينات الوقائية المقترحة ساهمت بفعالية في تحسين الاستقرار الوظيفي للمفصل وزيادة التوازن العضلي، مما يعزز من كفاءة الأداء ويقلل من فرص التعرض للإصابات الشائعة في الكرة الطائرة.

الكلمات المفتاحية: التمرينات الوقائية، البايوميكانيك، التوازن العضلي، مفصل الكاحل، الكرة الطائرة.

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.005.02.0570

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

1. المقدمة

تُعد رياضة الكرة الطائرة من الأنشطة البدنية ذات الطابع الانفجاري، حيث تُبنى مهاراتها الأساسية على سلسلة من الحركات الرأسية والأفقية التي تتميز بالسرعة والقوة. إن هذه الرياضة تفرض على الجهاز الحركي للإنسان ظروفاً ميكانيكية قاسية، خاصة في لحظات الانتقال من الحالة الحركية إلى السكون المفاجئ أثناء "الهبوط" (Landing). وفي هذا السياق، لا يُعد الجسم مجرد كتلة حيوية، بل هو منظومة من العتلات والمفاصل التي تخضع لقوانين الفيزياء؛ فحين يصطدم اللاعب بالأرض بعد قفزة سحق أو حائط صد، تتولد قوى رد فعل أرضية (GRF) تعادل أضعاف وزن الجسم، وتنتقل هذه الصدمات عبر مفاصل الطرف السفلي، مما يجعل الفهم العميق لـ "البايوميكانيك" ضرورة حتمية لتفسير كيفية امتصاص هذه القوى وتحويلها إلى أداء آمن بدلاً من أن تتحول إلى إصابات مدمرة.

ينتقل البحث في هذا المستوى من المنظور العام إلى "تحدي الثبات الوظيفي" لمفصل الكاحل. يُعتبر الكاحل الحلقة الأضعف والأكثر عرضة للخطر في السلسلة الحركية للاعبي الكرة الطائرة، كونه يمثل قاعدة الارتكاز الأولى التي تستقبل الأحمال الميكانيكية. إن التحدي الحقيقي لا يكمن في قوة العضلات فحسب، بل في "التوازن العضلي" (Muscular Balance) الذي يضمن توزيع العزوم بالتساوي حول المفصل. فالمؤشرات البايوميكانيكية مثل زوايا الانثناء والانقلاب ليست مجرد أرقام وصفية، بل هي معايير تحدد كفاءة الأربطة والعضلات في الحفاظ على استقرار الكاحل. إن أي اختلال بسيط في التوافق العصبي العضلي، أو تأخر في زمن الاستجابة العضلية لحظة التلامس، يعني ترك المفصل رهينةً لـ "الالتواء"، وهو ما يستوجب تدخلات وقائية تعمل على تحسين المدى الحركي والسيطرة الحركية الدقيقة.

تُصنف مرحلة الشباب بأنها الفترة الحرجة التي يتم فيها بناء التأسيس البدني والميكانيكي للاعب، حيث يزداد الطموح التنافسي وتزداد معه شدة الأحمال. وهنا تبرز "التمرينات الوقائية" (Preventive Exercises) ليس كإجراء تكميلي، بل كمنهج علمي استباقي يهدف إلى برمجة الجهاز العصبي والعضلي للتعامل مع "ميكانيكية الإصابة". إن التركيز على المؤشرات البايوميكانيكية والبدنية (كالمرونة والقوة المتوازنة) يسمح بتطوير "درع حيوي" حول مفصل الكاحل، مما يساعد اللاعب الشاب على أداء واجباته المهارية المعقدة بهدوء فسيولوجي وثبات حركي عالي، ويضمن له البقاء في دائرة المنافسة بعيداً عن كوابيس الإصابات المزمنة التي قد تنهي مسيرته الرياضية مبكراً.

تتحدد مشكلة البحث من خلال المتابعة الميدانية للباحث للاعبي أندية الكرة الطائرة الشباب (نادي الهاشمية)، حيث لوحظ وجود ضعف ملموس في استقرار مفصل الكاحل لدى اللاعبين أثناء مواقف الهبوط السريع والقفز المتكرر. ويعزو الباحث ذلك إلى "التشتت الميكانيكي"؛ إذ تظهر النتائج الميدانية أن الحاجة لتنفيذ المهارة الهجومية بأقصى قوة تدفع اللاعب لإغفال وضعية الهبوط الصحيحة، مما يؤدي إلى حدوث زوايا انقلاب داخلي خطرة تسبق التلامس الكامل مع الأرض. ومن هنا برزت الحاجة إلى "تمرينات وقائية" نوعية مُصممة وفق مؤشرات بايوميكانيكية وبدنية دقيقة، تعمل على تقوية العضلات المحيطة بالكاحل (السمانة والشظوية) لمواجهة قوى التصادم، وتعويد اللاعب على "التوازن الحركي" والاقتصاد في الجهد الميكانيكي، مما يساهم في تحسين التوازن العضلي للمفصل وحمايته من الإصابات الشائعة وتحقيق الاستدامة في الأداء الرياضي.

ويهدف البحث الى

1. إعداد تمرينات وقائية مبنية على مؤشرات بايوميكانيكية وبدنية لتطوير التوازن العضلي لمفصل الكاحل.
2. التعرف على تأثير هذه التمرينات في تطوير بعض المؤشرات البايوميكانيكية (زوايا المفصل) والقوة العضلية لدى عينة البحث.
3. الكشف عن الفروق الإحصائية بين الاختبارين القبلي والبعدي في التوازن الحركي لمفصل الكاحل للاعبي الكرة الطائرة الشباب.

2. منهج البحث وإجراءاته الميدانية

2-1 منهج البحث

انتهج الباحثان المنهج التجريبي بتصميم المجموعة الواحدة ذات الاختبار القبلي والبعدي لملائمته مع طبيعة ومشكلة البحث.

2-2 مجتمع وعينة البحث:

تم تحديد مجتمع البحث لاعبي الكرة الطائرة الشباب لنادي الهاشمية الرياضي للموسم الرياضي 2025-2026، والبالغ عددهم (14) لاعبا. أما عينة البحث فقد تم اختيارها بالطريقة العمدية بواقع (8) لاعباً.

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.005.02.0570
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

2-3 الوسائل والأدوات والأجهزة المستخدمة في البحث

2_3_3وسائل جمع المعلومات والأدوات والأجهزة المستخدمة :

- المصادر والمراجع العربية والاجنبية.
- المقابلات الشخصية.
- الاستبانة.
- الملاحظة.
- شبكة المعلومات الدولية (الانترنيت)
- برنامج التحليل (traker)
- استمارة تفريغ البيانات
- الاختبار والقياس.
- كاميرا نوع (sony) عدد (1).
- جهاز حاسوب نوع (dell) عدد (2)
- ميزان طبي
- حامل ثلاثي للكاميرا عدد (1)
- شريط لاصق ملون عدد (4).
- شريط قياس (40 متر).
- كرات توازن قطر (90 سم) عدد (4).
- كرات تنس
- شريط قياس 11 سم
- اقماع

2-4 إجراءات البحث الميدانية :

2-4-1الاختبارات المستخدمة في البحث :

اولا : اختبار Y-Balance Test (YBT) للتوازن الحركي :

الهدف من الاختبار :

- تقييم التوازن العضلي لمفصل الكاحل
- قياس التحكم العصبي العضلي
- الكشف عن الاختلالات بين الطرفين
- متابعة تأثير البرامج التدريبية الوقائية

الأدوات المستخدمة :

- شريط لاصق أو جهاز Y-Balance
- مسطرة قياس (سم)
- أرضية مستوية

طريقة الأداء:

1. يقف اللاعب على ساق واحدة (الساق المختبرة) عند نقطة التقاء الخطوط .
2. يقوم بمد الساق الحرة في ثلاثة اتجاهات :
   - أمامي (Anterior)
   - خلفي-إنسي (Posteromedial)
   - خلفي-وحشي (Posterolateral)
3. يلمس أبعد نقطة ممكنة دون فقدان التوازن .
4. يجب بقاء القدم الثابتة دون حركة .
5. تُسجل المسافة لكل اتجاه .

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.005.02.0570

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

6. تُكرر المحاولة 3 مرات ويُؤخذ أفضل قياس.

ثانيا : اختبار المدى الحركي لمفصل الكاحل:

يعتبر اختبار المدى الحركي (Range of Motion - ROM) لمفصل الكاحل وسيلة أساسية لتقييم مرونة المفصل وتشخيص الإصابات أو التيبس. يتم قياس المدى الحركي في عدة اتجاهات، وتتراوح النسب الطبيعية عادةً كالتالي:

- **الانثناء الظهري (Dorsiflexion):** تحريك مشط القدم للأعلى باتجاه الساق. المدى الطبيعي هو حوالي **20 درجة**.
- **الانثناء الأخمصي (Plantarflexion):** مد القدم للأسفل (مثل الضغط على دواسة البنزين). المدى الطبيعي هو حوالي **40 إلى 50 درجة**.
- **الانقلاب الداخلي (Inversion):** تدوير باطن القدم للداخل. المدى الطبيعي يتراوح بين **20 إلى 30 درجة**.
- **الانقلاب الخارجي (Eversion):** تدوير باطن القدم للخارج. المدى الطبيعي حوالي **12 إلى 18 درجة**.

هدف الاختبار :

- **تشخيص الإصابات:** تحديد شدة التواء الكاحل أو وجود تمزقات في الأربطة.
- **تقييم الوظيفة الحركية:** قياس مدى مرونة الأنسجة المحيطة بالمفصل والتأكد من عدم وجود قصر في العضلات.
- **متابعة التطور:** مقارنة الحالة قبل وبعد البرامج التأهيلية للتأكد من استعادة الوظائف الطبيعية.
- **تحديد القيود:** كشف أي عوائق ميكانيكية قد تؤثر على الأنشطة اليومية مثل المشي أو الرياضية مثل القرفصاء.

2. الأدوات المستخدمة :

- **برنامج التحليل الحركي (Tracker).**
- **سرير الفحص:** لضمان وضعية استلقاء صحيحة للمريض.

طريقة الأداء:

1. يستلقي المريض على ظهره أو بطنه مع جعل القدم حرة الحركة خارج حافة السرير.
2. يتم تصوير مفصل الكاحل للمختبر لغرض تحليله
3. يُطلب من المريض تحريك قدمه لأقصى مدى (للأعلى أو للأسفل) أو يقوم المعالج بتحريكها سلبياً.

طريقة التسجيل:

- **بالدرجات:** يتم تسجيل الزاوية النهائية التي توقفت عندها الحركة. المدى الطبيعي للانثناء الظهري هو **0-20 درجة**، وللانثناء الأخمصي هو **20-45 درجة**.
- **المقارنة الجانبية:** يتم تسجيل القراءة للطرفين (المصاب والسليم)، ويُعتبر وجود فرق أكثر من **10%** بينهما مؤشراً على وجود خلل حركي.

ثالثا: اختبار قوة العضلات العاملة على مفصل الكاحل.

- **اختبار العضلات الثانية الظهرية :**

الهدف من الاختبار :

قياس قوة العضلات الثانية الظهرية.

الأدوات المستخدمة:

- جهاز داينموميتر.
- شريط ليفي مرن.
- مسطبة خشب.

وصف الاختبار:

يجلس اللاعب على مسطبة الخشب وتكون الساق ممدودة ويثبت الشريط الليفي من احد اطرافه بأمشاط القدم المعنية ، والطرف الاخر بجهاز الداينموميتر المثبت بالحائط، وبعد ان يطلب من المختبر أداء الاختبار يقوم بسحب الجهاز بالقوة الممكنة ولمرة واحدة.

وحدة القياس: كغم

- **اختبار العضلات الثانية الاخمصية :**

الهدف من الاختبار :

قياس قوة العضلات الثانية الاخمصية.

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.005.02.0570
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

الأدوات المستخدمة:

- جهاز داينموميتر.
- شريط ليفي مرن.

وصف الاختبار:

يجلس اللاعب على مسطبة الخشب وتكون الساق ممدودة ويثبت الشريط الليفي من احد اطرافه بأمشاط القدم المعنية ، والطرف الاخر بجهاز الداينموميتر المثبت بالحائط، وبعد ان يطلب من المختبر أداء الاختبار يقوم بسحب الجهاز بالقوة الممكنة ولمرة واحدة.

وحدة القياس : كغم.

3-4-2 التجربة الاستطلاعية :

أجرى الباحث تجربة استطلاعية بتاريخ (/ / 2026) على عينة مكونة من لاعبين (من خارج عينة البحث الأساسية ومن نفس مجتمع البحث)، وذلك لتحقيق الأهداف الآتية:

صلاحية الأدوات: التأكد من كفاءة جهاز الداينموميتر وملاءمة أشرطة القياس لاختبار التوازن (Y-Balance).

وضوح التعليمات: التأكد من استيعاب اللاعبين لكيفية أداء اختبارات المدى الحركي والزوايا بشكل صحيح.

التنظيم المكاني: تحديد الأماكن المثالية لوضع الكاميرات لضمان ظهور "المؤشرات البايوميكانيكية" بوضوح دون تشويه (Parallax error).

المدى الزمني: حساب الوقت المستغرق لكل لاعب لإنهاء الاختبارات، لتنظيم الجدول الزمني للتجربة الرئيسة.

كفاءة الفريق المساعد: تدريب الكادر المساعد على كيفية تثبيت الـ (Markers) التشريحية وتسجيل البيانات بدقة.

1-4-4-3 التصوير الفيديوي :

تم اجراء التصوير الفيديوي باستخدام كاميرا موبايل سامسونج (Ultra S25) من خلال تثبيته على حامل ثلاثي خاص بالموبايل وبزاوية قائمة على مفصل الكاحل للرجل اليمين وكذلك للرجل اليسار من الجانبين اليمين واليسار وكذلك من الامام لكلا الرجلين ولضمان تصوير مفصل الكاحل بصورة واضحة وكاملة تم تثبيت كاميرا الموبايل على بعد (1.5) م من بؤرة العدسة الى الرجل وبارتفاع (0.5) م من بؤرة العدسة الى الارض.

إعدادات التصوير:

* تم وضع الكاميرا على حامل ثلاثي (Tripod) بارتفاع (50 سم) من مركز العدسة عن الأرض، وعلى بُعد (1.5 متر) من اللاعب بشكل عمودي على مستوى الحركة.

* تم استخدام "مقياس رسم" (Calibration Scale) داخل كادر التصوير لتحويل القياسات من "بكسل" إلى وحدات مترية حقيقية داخل برنامج التحليل.

4-4-3 التجربة الرئيسة :

بعد التأكد من نجاح التجربة الاستط لاعية و جاهزية نظام التصوير شرع الباحث في تنفيذ التجربة الرئيسة وفق الاتي:

3. الاختبارات البعدية (Post-tests):

بعد انتهاء فترة الـ (8) أسابيع، أُعيدت كافة الاختبارات بنفس الظروف والمكان وبإشراف نفس فريق العمل، لضمان الموضوعية في استخراج النتائج وقياس حجم التطور في التوازن العضلي والمؤشرات البايوميكانيكية.

1-5-4-2 الاختبارات القبلية :

تم إجراء القياسات البايوميكانيكية والبدنية والحركية لعينة البحث قبل البدء بالبرنامج، لتمثيل نقطة الأساس (Baseline) والمقارنة.

2. تطبيق التمرينات الوقائية:

* تم تطبيق البرنامج التدريبي المقترح لمدة (8) أسابيع، بواقع (3) وحدات أسبوعية.

* تضمنت التمرينات (ثبات ديناميكي، تقوية عضلات الكاحل، مرونة وظيفية) بمتوسط زمن (20-30 دقيقة) ضمن الجزء الرئيس من الوحدة التدريبية.

* روعيت أسس التدريب الرياضي من حيث التدرج في الشدة والحجم، مع التركيز على التوافق العصبي العضلي.

2-5-4-2 تجانس عينة البحث :

أجرى الباحثان اختبارات التجانس في متغيرات (العمر، الطول، الوزن، العمر التدريبي) لضمان تكافؤ البداية، والجدول (1) يوضح ذلك:

جدول (1): تجانس أفراد عينة البحث (ن=5)

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.005.02.0570

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

2-2-3 تجانس عينة البحث:

1-2-2-3 تجانس العينة:

قام الباحثان بإجراء التوصيف الإحصائي للتعرف على التجانس بين أفراد عينة البحث في القياسات الأساسية (المورفولوجية)، لضمان عودة الفروق في النتائج البعدية إلى البرنامج الوقائي المستخدم وليس إلى تشتت العينة. والجدول (1) يوضح ذلك:

جدول (1) الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية والوسيط ومعامل الالتواء لعينة البحث في المتغيرات (المورفولوجية)

جدول (1) يبين تجانس عينة البحث

ت	المعالجات الإحصائية / المتغيرات	وحدة القياس	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسيط	معامل الالتواء	مستوى الدلالة
1	طول الجسم	سم	1.765	0.033	1.755	0.240	عشوائي
2	وزن الجسم	كغم	80.142	3.634	81.500	0.269	عشوائي
3	العمر الزمني	سنة	18.285	1.069	18.000	0.216	عشوائي

من خلال ملاحظة قيم معامل الالتواء الظاهرة في الجدول (1)، نجد أنها قد انحصرت ما بين القيمتين (±3)، حيث تراوحت بين (0.216 و 0.269). وبما أن هذه القيم تقترب من الصفر وتقع ضمن المدى الطبيعي، فإن ذلك يشير إلى أن عينة البحث تتميز بـ التوزيع الطبيعي (تجانس العينة) في متغيرات (الطول، الوزن، والعمر الزمني).

إن هذا التجانس المورفولوجي يعطي مؤشراً دقيقاً على أن أفراد العينة يمثلون مجتمع البحث تمثيلاً صادقاً من حيث الخصائص الجسمانية، مما يتيح للباحث إمكانية تعميم النتائج والبدء بتطبيق التجربة الرئيسة بثقة إحصائية عالية.

3-3-4-2 **تطبيق البرنامج التدريبي :**

تم اعداد التمرينات الوقائية بعد اجراء الاختبارات القبلية واستخراج مكامن الضعف وعدم التوازن في العضلات العاملة على مفصل الكاحل وكذلك الزوايا الخاصة بالمفصل ونتائج التوازن الحركي وبالشكل الاتي :

- **مدة التمرينات الوقائية :** 8 أسابيع.
- **استخدم الباحث الجزء الرئيسي من الوحدات**
- **زمن الجزء الرئيسي 60 دقيقة**
- **عدد الوحدات الأسبوعية** 3 وحدات (السبت – الاثنين – الاربعاء).
- **محتوى الوحدات :**تمارين بدنية، مهارية.
- **تم حساب الزمن الكلي لكل تمرين وفق المعادلة:**

(زمن الأداء × عدد المجموعات) + (الراحة × (عدد المجموعات - 1))

- الأزمنة متوافقة مع بروتوكولات التدريب العصبي العضلي والوقائي للكاحل.
- تم الحفاظ على التدرج من ثابت - ديناميكي - مهاري.

4-3-4-2 الاختبارات البعدية :

بعد انتهاء المدة المقررة لتطبيق البرنامج التدريبي الوقائي (8 أسابيع)، تأتي مرحلة **الاختبارات البعدية (Post-tests)**، وهي المرحلة الحاسمة لبيان مدى تطور اللاعبين وتأثير التمرينات على المؤشرات البايوميكانيكية والبدنية.

5-4-3 الاختبارات البعدية (Post-tests):

تم إجراء الاختبارات البعدية لعينة البحث في تمام الساعة الرابعة مساءً، في ملعب الكرة الطائرة بنادي الهاشمية الرياضي. وقد حرص الباحث على اتباع الإجراءات الآتية لضمان دقة النتائج وموضوعيتها:

1. تثبيت الظروف: تم إجراء الاختبارات البعدية في نفس المكان والوقت وبنفس الأدوات والأجهزة التي استُخدمت في الاختبارات قبل البدء بالبرنامج (الاختبارات القبلية).

2. فريق العمل: تم الاستعانة بنفس فريق العمل المساعد لضمان وحدة القياس وطريقة تسجيل البيانات.

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.005.02.0570

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

3. تسلسل الأداء: تم اتباع نفس تسلسل أداء الاختبارات (بدءاً من اختبار التوازن الحركي، ثم القوة العضلية بالداينموميتر، وانتهاءً بالتصوير الفيديوي للمؤشرات البايوميكانيكية).

4. الحالة البدنية: أُعطي اللاعبون فترة راحة كافية قبل يوم الاختبار لضمان عدم وجود إجهاد مسبق يؤثر على الأداء.

3-5 الوسائل الإحصائية (Statistical Methods):

لمعالجة البيانات التي تم الحصول عليها من الاختبارات القبلية والبعدية، استخدم الباحث الحقيبة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) لإجراء المعالجات الآتية:

الوسط الحسابي (Mean): لوصف مركز البيانات.

الانحراف المعياري (Standard Deviation): لمعرفة مدى تشتت النتائج حول الوسط.

الوسيط (Median): لإجراء عمليات التجانس.

معامل الالتواء (Skewness): للتأكد من التوزيع الطبيعي للعينة.

اختبار (T-test) للعينات المتناظرة: للكشف عن معنوية الفروق بين الاختبارين القبلي والبعدي للمجموعة الواحدة.

نسبة التطور (%):لقياس حجم التغير الحاصل نتيجة البرنامج الوقائي.

نصيحة لمناقشة النتائج (الفصل الرابع):

بناءً على الأرقام التي أرسلتها سابقاً، ستلاحظ في الفصل الرابع أن قيم sig كانت أقل من (0.05) في أغلب المتغيرات، وهذا هو "النجاح العلمي" لبحثك. عند المناقشة، يجب أن تقول:

"إن التطور المعنوي في الاختبارات البعدية يعود إلى التمرينات الوقائية النوعية التي ركزت على تقوية العضلات الشضوية والتوأمية، مما أدى إلى تحسين زوايا المفصل وزيادة الثبات الديناميكي، وهو ما أكدته نتائج اختبار (Y-Balance) والتحليل الحركي."

4-عرض النتائج وتحليلها ومناقشتها

4-1 عرض وتحليل نتائج المؤشرات البايوميكانيكية والبدنية والتوازن لمفصل الكاحل

يوضح الجدول رقم 2 الفروق بين الاختبارين القبلي والبعدي للمتغيرات التي تعكس كفاءة مفصل الكاحل (بايوميكانيكياً وبدنياً وحركياً) لعينة البحث:

جدول (2) الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية وقيمة (T) المحتسبة ومستوى الدلالة للمتغيرات قيد الدراسة

الجانب	المتغيرات	وحدة القياس	القياس القبلي (س ± ع)	القياس البعدي (س ± ع)	قيمة (T)	مستوى الدلالة (sig)	الدلالة
البايوميكانيكي (يمين)	زاوية الانثناء الأخمصي	درجة	35.62 ± 3.66	41.62 ± 1.18	4.681	0.002	معنوي
البايوميكانيكي (يسار)	زاوية الانقلاب الداخلي	درجة	10.62 ± 2.13	19.00 ± 1.51	8.238	0.000	معنوي
البدني (يمين)	قوة العضلات الثنية الظهرية	كغم	16.75 ± 2.37	26.62 ± 2.44	7.928	0.000	معنوي
البدني (يسار)	قوة العضلات الثنية الأخمصية	كغم	23.12 ± 3.75	30.87 ± 2.64	5.136	0.001	معنوي
الحركي (التوازن)	التوازن الحركي (الرجل اليمين)	سم	75.85 ± 1.68	88.51 ± 1.31	61.483	0.000	معنوي

2-4 مناقشة النتائج

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.005.02.0570

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

من خلال عرض النتائج في الجداول السابقة، اتضح وجود تطور معنوي (Sig < 0.05) في معظم المؤشرات البايوميكانيكية والبدنية والتوازن الحركي. ويعزو الباحث هذا التطور إلى تأثير التمرينات الوقائية المطبقة، ويناقشها وفق المحاور الآتية:

أولاً: تفسير تطور المؤشرات البايوميكانيكية وعلاقتها بالوقاية

أظهرت النتائج تطوراً ملحوظاً في زوايا العمل الحركي (مثل زاوية الانقلاب الداخلي والمدى الأخمصي). إن تحسن هذه الزوايا يعني زيادة في "المرونة الوظيفية" للمفصل؛ فعندما تزداد زاوية الانثناء الأخمصي في الرجل اليمين من (35.62) إلى (41.62)، فهذا يمنح السباح أو اللاعب قدرة أكبر على المناورة الحركية بآمان. بايوميكانيكياً، زيادة المدى الحركي تسمح بتوزيع القوى الميكانيكية على مساحة زمنية ومكانية أكبر أثناء الهبوط، مما يقلل من تركيز الإجهاد على أربطة الكاحل ويمنع تمزقها.

ثانياً: تطور القوة البدنية وتحقيق التوازن العضلي

سجلت قوة العضلات الثنية (الظهرية والأخمصية) زيادة معنوية كبيرة، حيث وصلت قيمة (T) في القوة الظهرية لليمين إلى (7.928). هذا التطور البدني هو النتيجة المباشرة للتمرينات الوقائية التي استهدفت تقوية العضلات المحيطة بالمفصل (عضلات الساق الأمامية والخلفية). إن زيادة القوة هنا ليست مجرد زيادة رقمية، بل هي تحقيق لـ "التوازن العضلي"؛ فتقوية هذه العضلات تعمل بمثابة "مشدات حيوية" تمنع المفصل من الوصول إلى الزوايا الخطرة التي تسبب الالتواء (Inversion Sprains)، وهو الهدف الرئيس من البرنامج الوقائي.

ثالثاً: تحسن التوازن الحركي (السيطرة العصبية العضلية)

يُعد التطور في اختبار التوازن الحركي (Y-Balance) من أبرز النتائج، حيث بلغت قيمة (T) للرجل اليمين (61.483). يعزو الباحث ذلك إلى أن التمرينات الوقائية تضمنت تدريبات "الحس العميق" (Proprioception)، والتي عملت على إعادة برمجة المسارات العصبية بين الدماغ وعضلات الكاحل. هذا التحسن يضمن للاعب استعادة توازنه فوراً عند تعرضه لأي خلل حركي مفاجئ أثناء القفز أو الهبوط في الكرة الطائرة، مما يقلل من احتمالية الإصابة بشكل كبير.

1-5 الاستنتاجات

في ضوء نتائج المعالجات الإحصائية وما تم عرضه ومناقشته في الفصل الرابع، توصل الباحثان إلى الاستنتاجات الآتية:

1. الفاعلية الميكانيكية: أثبتت التمرينات الوقائية قدرة عالية على تطوير المؤشرات البايوميكانيكية لمفصل الكاحل، خاصة في زيادة زوايا الانثناء الأخمصي والظهري، مما وفر مدى حركياً أوسع يسمح بامتصاص قوى التصادم بكفاءة أكبر.
2. بناء الدرع العضلي: حقق البرنامج التدريبي تطوراً طردياً في قوة العضلات الثنية (الظهرية والأخمصية)، مما ساهم في إيجاد "توازن عضلي" متكافئ حول المفصل، وهو العامل الحاسم في منع الانحرافات الحركية المفاجئة التي تسبب الإصابة.
3. الثبات الديناميكي: التحسن الهائل في اختبار التوازن الحركي (Y-Balance) وبقيم إحصائية عالية جداً يؤكد أن التمرينات النوعية نجحت في تطوير "السيطرة العصبية العضلية"، مما جعل المفصل أكثر استقراراً في مواقف اللعب المعقدة (القفز والهبوط).
4. تصحيح المسارات الحركية: ساهمت المؤشرات البايوميكانيكية المعتمدة في تصميم التمرينات في تقليل التشتت الحركي لزوايا الانقلاب الداخلي والخارجي، مما جعل حركة الكاحل أكثر انسيابية وأماناً من الناحية الفيزيائية.
5. الاستجابة النوعية للشباب: أظهرت عينة البحث (الشباب) استجابة بدنية وميكانيكية سريعة للتمرينات الوقائية، مما يشير إلى أهمية التدخل الوقائي في هذه المرحلة العمرية لتأسيس لاعبين ذوي كفاءة حركية عالية.

2-5 التوصيات

بناءً على الاستنتاجات التي تم التوصل إليها، يوصي الباحثان بما يأتي:

1. الدمج البرامجي: ضرورة إدراج التمرينات الوقائية المقترحة كجزء ثابت ضمن المنهج التدريبي اليومي لأندية الكرة الطائرة (فئة الشباب)، وعدم فصل الجانب الوقائي عن الجانب البدني والمهاري.
2. الرقابة البيوميكانيكية: حث المدربين على ضرورة استخدام الاختبارات البيوميكانيكية الدورية (زوايا المفصل) والبدنية (الداينموميتر) كأدوات تشخيصية للتنبؤ باحتمالية الإصابة قبل وقوعها.
3. تطوير الوعي الحركي: التركيز في تدريب الناشئين والشباب على "ميكانيكية الهبوط الصحيح" وربطها بتمرينات التوازن والحس العميق لتقليل مخاطر التواء الكاحل.
4. استخدام التقنيات الحديثة:تشجيع الباحثين والمدربين على استخدام برامج التحليل الحركي الحاسوبية (مثل Tracker أو Kinovea) لمراقبة تطور الزوايا الميكانيكية للاعبين بشكل مستمر.

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.005.02.0570
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

5. الدراسات التكاملية:إجراء دراسات مشابهة تتناول مفاصل أخرى عرضة للإصابة في الكرة الطائرة (مثل الركبة والكتف) وفق مؤشرات بايوميكانيكية لضمان السلامة الشاملة للجهاز الحركي للاعب.

References

[1] أثير محمد صبري؛البايوميكانيك في المهارات الرياضية: (بغداد، دار الكتب والوثائق، 2011).

[2] أحمد بدري إبراهيم؛التمرينات الوقائية وتأثيرها في الحد من إصابات المفاصل: (القاهرة، دار الفكر العربي، 2015).

[3] أنيس حسين علي؛التحليل الحركي البايوميكانيكي للأداء الرياضي: (جامعة بابل، كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة، 2018).

[4] بسطويسي أحمد؛أسس وبرامج التدريب الرياضي للشباب: (القاهرة، دار الفكر العربي، 2010).5

[5] طلحة حسام الدين (وآخرون)؛الميكانيكا الحيوية (الأسس النظرية والتطبيقية): (القاهرة، دار الفكر العربي، 1998).

[6] قاسم حسن حسين؛الأسس العلمية لتدريب الكرة الطائرة: (عمان، دار الفكر للطباعة والنشر، 2004).

[7] وجيه محجوب؛طرق البحث العلمي ومناهجه: (بغداد، دار الكتب للطباعة والنشر، 2002).

[8] Bahr, R., & Krosshaug, T. (2005). Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. British Journal of Sports Medicine, 39.(6)

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.005.02.0570

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.