تأثير برنامج تأهيلي الكترونى بدلالة مؤشرات بيوميكانيكية على إصابات مفصل الكاحل

[*]د/ تامر صابر محمد صابر

[**]د/أحمد سامى محمد على الباز

ملخص البحث:

يهدف الى التعرف على تأثير برنامج تأهيلي الكترونى بدلالة مؤشرات بيوميكانيكية على إصابة مفصل الكاحل، استخدم الباحثان المنهج التجريبي باستخدام التصميم التجريبى لمجموعة تجريبية واحدة وذلك باجراء القياسات (القبلية- البعدية)، وذلك لملائمته لطبيعة هذا البحث، وتمثل المصابين بالإلتواء الخارجي لمفصل الكاحل من الرياضيين بالمستويات العليا، وكانت عينة البحث (١١) من الرياضيين والمصابين بالالتواء الخارجي لمفصل الكاحل تتراوح أعمارهم ما بين ٢٠ إلى ٣٠ سنة تم اختيارهم عمدياً بعد تشخيص اصابتهم بواسطة الطبيب المختص، كما تم إختيار عدد (٦) لاعبين في نفس المرحلة العمرية لعينة الدراسة وذلك للتعرف على المتغيرات البيوميكانيكية لحركة مفصل الكاحل وكمحك خارجى لقياس مستوى الشفاء من الاصابة، تم التطبيق البحث بوحدة الطب الرياضى باستاد المنصورة الرياضى، وكانت **الاجراءات** تم إجراء المسح المرجعى، ثم تم إجراء عملية التصوير والتحليل الحركى والتوصل إلي المتغيرات البيوميكانيكية لحركة مفصل الكاحل(الزمن، الإزاحة، السرعة، العجلة، الزوايا، القوة)، ثم تم بناء التدريبات النوعية على أسس بيوميكانيكيا، ثم تم إستطلاع رأى السادة الخبراء في البرنامج التأهيلى والتدريبات المبنية على أسس بيوميكانيكيا، ثم تصميم البرنامج الالكترونى لتأهيل إصابات مفصل الكاحل بناء على نوع وقوة الاصابة، ثم إجراء القياسات القبلية، تطبيق البرنامج التأهيلى، إجراء القياسات البعدية وكانت أهم النتائج: التأكد من فاعلية البرنامج الإلكترونى المقترح بوجود فروق ذات دالة إحصائياً بين القياسين القبلي والبعدى في جميع قيم المتغيرات البيوميكانيكة لحركات مفصل الكاحل لصالح القياس البعدى، فكانت قيم(ت) تتراوح بين(١٤,٥*) في متغير القوة لحركة القبض لمفصل الكاحل و(١,٤*) في متغير القوة لحركة الانقلاب للخارج لمفصل الكاحل، وجود فروق في نسب التحسن بين متوسطات القياسين القبلى والبعدى للمجموعة التجريبية لصالح القياس البعدى فكانت نسب التحسن تتراوح بين(١٩٥%) نسبة تحسن في متغير العجلة لحركة البسط لمفصل الكاحل و(١٤%) نسبة تحسن في متغير الزاوية لحركة الانقلاب للخارج لمفصل الكاحل، تقارب قيم المتغيرات البيوميكانيكية للقياس البعدى مع قيم المتغيرات البيوميكانيكية للمحك الخارجى.

[*] استاذ مساعد بقسم علوم الحركة الرياضية، كلية التربية الرياضية، جامعة المنصورة، مصر

dr_tamers@mans.edu.eg

[**] استاذ مساعد بقسم علوم الصحة الرياضية، كلية التربية الرياضية، جامعة المنصورة، مصر.

المقدمة ومشكلة البحث :

تسهم الميكانيكا الحيوية بتطور الاداء الرياضى بتقديم دورًا محوريًا في فهم وتحليل حركة الجسم البشري، من خلال دراسة القوى المؤثرة على الجسم وكيفية تأثيرها على الحركة، كذلك تحليل كيفية تحرك العضلات والمفاصل أثناء الأداء الرياضي، مما يساعد في تحديد النقاط الضعيفة التي قد تكون عرضة للإصابات وباستخدام هذه المعرفة يمكن تصميم برامج تدريبية وتوجيهات تقنية لتعزيز قوة العضلات وتحسين الاستقرار والتوازن، وبالتالي تقليل احتمالية الإصابات، مما يساعد في تحسين الأداء الرياضي وتقليل مخاطر الإصابات بشكل كبير، بذلك يتضح الدور الهام للميكانيكا الحيوية في الوقاية من الإصابات الرياضية وفي عملية التأهيل والعلاج للاصابات الرياضية.

يرى **عبد الرحمن العنقري ومحمد ضيف نقلا عن بيتر ماكجينيس (٢٠١٦)** أن الميكانيكا الحيوية تلعب دورًا أساسيًا في تحسين الأداء الرياضي وتقليل الإصابات من خلال تحليل الحركات الرياضية وفقًا للمبادئ الفيزيائية. فإن فهم القوى المؤثرة على الجسم أثناء الحركة يساعد الرياضيين والمدربين على تحسين تقنيات الأداء وزيادة الكفاءة. كما أن تحليل الزوايا والمسارات الحركية يساهم في تطوير استراتيجيات التدريب، مما يؤدي إلى تحسين سرعة الرياضيين ودقة حركاتهم. كما أن استخدام التكنولوجيا الحديثة تساعد على فهم ديناميكيات الحركة بشكل أكثر تفصيلاً. وهذه الأساليب تعتمد على نماذج رياضية متقدمة لتقييم أداء الرياضيين، كما يمكن اسخدام مبادئ الميكانيكا الحيوية لتطوير برامج تدريبيه تتناسب مع احتياجات الرياضيين وتطوير وتصميم معدات رياضية تتوافق مع متطلبات الحركة البشريه مما يحسن الاداء ويقلل من مخاطر الاصابات، ممايساهم في تحقيق افضل النتائج من خلال الاعتماد على الأسس العلمية الدقيقة. (١٣ : ٢٦)

وتشير **أمال جابر شرارة(٢٠١٣)** أن الميكانيكا الحيوية تساهم في مجال العلاج الطبيعي مساهمة فعاله حيث يقوم علم الميكانيا الحيوية بتوضيح عمل العضلات وخصائصها والاسس الفسيولوجية وتناول دراسة المفاصل من حيث انواعها والمدى الحركي لها واصابتها ووسائل علاجها، وحل الكثير من المشاكل المتعلقة بحالات تشوه القوام والشلل ومعالجتها من خلال التمارين العلاجيه مما يساهم في الوقاية من الاصابات وتحسن الاداء الحركي. (٧: ٢١)

كما للإصابات الرياضية دورًا محوريًا في مستوى الأداء البدني للرياضيين، وتعد إصابات مفصل الكاحل من بين الإصابات الأكثر شيوعًا وانتشارًا. فتؤثر هذه الإصابات على القدرة الحركية والكفاءة الوظيفية للفرد، مما يستدعي تطبيق برامج تأهيلية فعالة لاستعادة الوظائف

الطبيعية للمفصل وتقليل خطر الإصابات مجددًا. فاستخدام التكنولوجيا الحديثة يوفر برامج تأهيلية تعزز من سرعة الشفاء وتحسين الأداء بعد الإصابات. مما يساعد على توفر بيانات دقيقة وتقييم مستمر ومراقبة دقيقة لتحركات المفصل وقياس مدى التحسن بمرور الوقت تساعد في متابعة تقدم العلاج وتعديل البرنامج التأهيلى حسب الحاجة.

فتذكر كلا من (Jesse Ryan Bethke ٢٠١٧) و **نسرين الشوابكة (٢٠١٩م)** أن الإصابات الرياضية تعد من المعوقات الأساسية التي تعترض الرياضيين ويمكن أن تعرقل الإصابات مستوى تقدم الرياضى وفي الحياة بصفة عامة ويمكن أن يكون للوقت اللازم للتعافي من الإصابات آثار متنوعة لذلك من المهم تحديد طرق للوقاية من الإصابات كلما أمكن ذلك، وإحدى الإصابات الشائعة التي تحدث للعديد من الأشخاص الأصحاء بصفة عامة والرياضيين بصفة خاصة هي الإلتواء في الكاحل، كما تزداد احتمالية حدوثها مرة أخرى بسبب انخفاض ثبات الكاحل وقد يكون هناك تغيير في ديناميكية السلسلة الحركية للأطراف السفلية مما قد يكون له عواقب أخرى، فارتبطت الحالة البدنية للاعبين بعلم الطب الرياضي والميكانيكا الحيوية والعلاج الطبيعى والتمرينات البدنية والتأهيل البدنى والنفسي والذى يلعب دوراً مهما في علاج وتأهيل الإصابات التي يتعرض لها الرياضيين. (١٩ : ٢) (٢٣ : ٤).

كما يتفق كلا من **إيهاب محمد عماد الدين(٢٠١٧م) إيهاب عماد الدين(٢٠٢١م)** مع **إبراهيم حامد، محمد الجمال(٢٠١٨م)** أن القدمين تعد من أهم أجزاء الجسم فهى القاعدة التي يستند عليها في الوقوف وأثناء الحركة، وتعتبر سلامة القدمين من مقومات اللياقة البدنية العامة، فتلعب أقواس القدم دورا مهما في سهولة الحركة، ولها دور فعال في الدعم والإرتكاز والحفاظ على توازن الجسم ككل وتحمل الصدمات والمؤثرات الخارجية بالإضافة إلى تحسينها لوظائف الجسم الحركية فتظهر عند أداء حركات المشي والجرى والوثب وغيرها، وتشير الدراسات أن هناك حوالي ٨٠% من الأفراد سيواجهون مشكلة في القدم في وقت ما في حياتهم، بسبب النشاط الزائد والمهن الصعبة والأحذية الغير صحية والحركات الخاطئة والغير متوقعة، كما أن معظم الإصابات التي يتعرض لها اللاعبين هي إصابات مفصل الكاحل وذلك نتيجة الحركات المفاجئة أثناء اللعب خاصة إذا كان السطح زلقاً أو أن اللاعب مرهق، أو بسبب طبيعة الأداء التي تتطلب حركات متعددة الاتجاهات كما أن الجري المتكرر المفاجئ والقفز يمكن أن يزيد من خطورة الهبوط بشكل غير صحيح فيؤدي الى الإصابة. (٨: ١٥١) (٩: ٢٢٩) (٢٢ : ٤٨)

إن التقدم العلمى الذى يشهدة العالم في الأونة الأخيرة يعتمد على تكامل العلوم العلمية التطبيقية والإنسانية جميعها(علم التدريب الرياضي، البيوميكانيك، التشريح، الفسيولوجي، علم النفس، الطب الرياضى) إذ أن علم البايوميكانيك له أثر كبير فى تحسين وتطوير مستوى الأداء الفنى

والرقمى للنشاط الرياضي، كما أنها تساعد المدرب علي تحليل عمل القوة الداخلية والخارجية وتوفر له الطرق والأساليب العملية لبناء وتخطيط البرنامج التدريبي، كما تؤدى الميكانيكا الحيوية دوراً فعالاً في تطوير القدرات الميكانيكية والوظيفية والفنية لوقاية اللاعب من الإصابة، وتأهيل الرياضى بأسرع وقت ممكن، وأن أول ما يشكل عقبة في سبيل المحافظة على تفوق الرياضيين هو تعرضهم للإصابات المختلفة في أثناء التدريب أو خلال المنافسة، لذا يُعد البيوميكانيك أحد العلوم التى تَعنى بتطوير مستوى الأداء المهارى والخططي للاعبين من خلال الدراسة والتحليل والتقويم البيوميكانيكي وتوضيح الفروقات وإيجاد العلاقات، والوقاية من الاصابات وتأهيل وعلاج الاصابات الرياضية (١٢ : ٧٧)(١٣ : ٢١٣)(١٤ : ١٧٨)(٣ : ٢)

ومن خلال اطلاع الباحثان على البحوث والمراجع العربية وشبكة المعلومات الدولية الانترنت وبرامج التأهيل وخاصة البرامج التي تناولت تأهيل التواء مفصل الكاحل وعلى حد علم الباحثان لم يتطرق أحد من العاملين في هذا المجال أثناء تصميم البرامج التأهيلية على تطبيق برامج تأهيلية قائمة ومقننة بالأسس البيوميكانيكية في بناء التدريبات النوعية مدعومة بتقنية إلكترونية تساعد في تحديد نوعى الاصابة والعضلة المصابة والتمرينات التأهيلية المبنية على أساس بيوميكانيكى، ومن هنا انبثقت مشكلة هذه الدراسة والتي تبلورت في تأهيل التواء مفصل الكاحل، مما دفع الباحثان إلى تصميم برنامج تأهيلى لمفصل الكاحل المصاب ومعرفة تأثير البرنامج التأهيلي الإلكترونى المقترح القائم على الأسس البيوميكانيكية على علاج إصابات مفصل الكاحل.

هدف البحث:

تأهيل مصابى إلتواء مفصل الكاحل من الرياضيين فى ضوء برنامج تأهيلي الكترونى بدلالة المؤشرات الميكانيكية.

تساؤلات البحث:

- ما قيم المتغيرات الميكانيكية التى تحكم حركة مفصل الكاحل للعينة قيد البحث ؟
- ما التدريبات النوعية المقترحة لمصابى التواء مفصل الكاحل من الرياضيين بالمستويات العليا فى ضوء المؤشرات الميكانيكية؟
- هل يمكن بناء وتصميم برنامج الكترونى تقويمى لتأهيل مصابى التواء مفصل الكاحل من الرياضيين بالمستويات العليا؟

فرض البحث:

- توجد فروق دالة احصائيا بين متوسطات القياسين القبلى والبعدى للمجموعة التجريبية فى متغيرات البحث لصالح القياس البعدى.

الأهمية العلمية والتطبيقية للبحث :

- يهتم البحث بإصابات هامة يتعرض لها العديد من الرياضيين في مختلف التخصصات وهى إصابة التواء الكاحل، فإذا لم يتم التأهيل الصحيح لها فإنه قد يؤثر على مفاصل أخرى بالطرف السفلى.
- يعتمد على التأهيل للاصابات باستخدام تدريبات نوعية مبنية على أسس بيوميكانيكية.
- استخدام الميكانيكا الحيوية كمؤشر ومقياس للتحسن من الاصابة.
- توفير وسيلة إلكترونية موضوعية مساعدة التأهيل الحركى للاصابات الرياضية.
- توفر بيئة تفاعلية تحفز المصاب على الاستمرار في التمارين، حيث يمكن للمريض رؤية تقدمهم بشكل مباشر أو الحصول على ملاحظات فورية.

الدراسات المرجعية :

١. دراسة **السيد عطا (٢٠١١)** بعنوان " فاعلية برنامج وقائي مقترح لإصابات مفصل الركبة وفق بعض المؤشرات البيوميكانيكية للاعبي الكرة الطائرة" يهدف البحث الي التعرف على كيفية الوقاية من إصابات الركبة باستخدام تمرينات (تأهيلية بدنية بلومترية مهارية) للاعبي الكرة الطائرة بالدوري الممتاز. تهدف الدراسة الى التعرف على العلاقة بين ميكانيكية الوثب والهبوط وإصابة الركبة لدى لاعبي الكرة الطائرة، استخدم المنهج التجريبي باستخدام المجموعة التجريبية الواحدة بقياس (قبلي/بعدي)، تمثلت عينة البحث بالطريقة العمدية من لاعبي الكرة الطائرة بالدوري الممتاز بنادي بورسعيد الرياضي وكانت أهم النتائج أن البرنامج التدريبي ساعد على إزالة آلام مفصل الركبة والارتشاح والمستمر، أن البرنامج ساعد على تقوية أربطة مفصل الركبة بالكامل وتحسن المدى الحركي، أن البرنامج ساعد على تقوية العضلات العاملة والمساعدة لمفصل الركبة (٦).

٢. دراسة (**Kaitlyn Weiss , Chris Whatman** ٢٠١٥) بعنوان " الميكانيكا الحيوية وإصابات الرباط الصليبي الأمامي المرتبطة بألم رضفة الفخذ تطبيقات في الرياضة" تهدف الدراسة الى التقييم باستخدام الميكانيكا الحيوية عند القيام بالتاهيل الحركى لاصابات مفصل الركبة، تم استخدام المنهج الوصفي لملائمته لطبيعة الدراسة، وكانت أهم النتائج هو التوصل الى منظور شامل مجسم باستخدام الميكانيكا الحيوية المرتبطة بها لكل إصابات الرباط الصليبي الأمامي و **PFPS**. التعرف على القواسم البيوميكانيكية المشتركة بين المصابين والغير المصابين للاداء الحركى لمفصل الركبة، التوصل الى الفهم البيوميكانيكى لكيفية حدوث الإصابة، التوصل الى التقييم البيوميكانيكى للاصابة، بما في ذلك مرحلة ما قبل الإصابة، ووقت الإصابة، وبعد الإصابة لمفصل الركبة. التعرف على الزوايا الأكثر انثناء والأكثر شيوعًا الموجودة في دراسات **ACL** و**PFPS**؛ لمفصل الركبة والورك (٢٤).

٣. دراسة **أحمد الشلقامى(٢٠١٧)** بعنوان " برنامج تمرينات تأهيلية مقترح باستخدام تمرينات السلسلة الحركية المفتوحة والمغلقة لإصابة تمزق الرباط الخارجى لمفصل الكاحل"، بهدف التعرف على تأثير برنامج تأهيلى مقترح لإصابة تمزق الرباط الخارجى لمفصل الكاحل وبيان مدى تأثيرة على الإتزان الكلى للجسم ودرجة الألم وقوة العضلات العاملة على مفصل الكاحل، استخدم الباحث المنهج التجريبي بتصميم المجموعة الواحدة على عينة قوامها ٨ لاعبين، وقد أسفرت النتائج على أن للبرنامج التأهيلى دور كبير وفاعل فى تأهيل مفصل الكاحل وتحسين مستوى الإتزان الكلى للجسم كما أدى تطبيق البرنامج المقترح إلى اختفاء الألم نهائيا بالإضافة إلى تنمية المرونة لمفصل الكاحل وزيادة المدى الحركى لها بالإضافة إلى زيادة مستوى القوة العضلية (١).

٤. دراسة **جمال فرج، على عليوي (٢٠٢٠م)** بعنوان " أثر تمرينات بالأشرطة اللاصقة بمصاحبة التدليك فى تأهيل إصابة التمزق الجزئي لأربطة الكاحل للرياضيين" تهدف الدراسة الى إعداد تمرينات بالأشرطة اللاصقة لتأهيل إصابة تمزق أربطة الكاحل للرياضيين والتعرف على تاثيرها، والمنهج المستخدم هو المنهج التجريبي لمجموعتين متكافئتين، وكانت عينة الدراسة ٨ مصابين، وكانت أهم النتائج أن استخدام الأشرطة اللاصقة قبل اداء التمرينات التأهيلية والقيام بالتدليك بعد أداء التمرينات التأهيلية له أفضلية وتأثير ايجابي فعال فى تحسين وتأهيل اصابة التمزق الجزئي لاربطة الكاحل وبالتالى عودة اللاعبون المصابون إلى ممارسة نشاطه التخصصي فى فترة زمنية قصيرة وبكفاءة عالية (١١).

٥. دراسة **محمد إسماعيل، أمنية عيسى، محمد عبدالعزيز(٢٠٢١م)** بعنوان " تأثير برنامج وقائي باستخدام تدريبات التوازن على الحد من إصابات مفصل الكاحل لدى ناشئات كرة اليد" تهدف الدراسة الى التعرف على تأثير برنامج وقائي للحد من إصابات مفصل الكاحل، واستخدمت المنهج التجريبي لمجموعتين تجريبية وضابطة، وكانت عينة الدراسة (٢٠) ناشئة في كرة اليد، وكانت أهم النتائج وجود فروق دالة احصائيا بين القياسين البعديين للمجموعتين الضابطة والتجريبية في المتغيرات (التوازن الثابت، الديناميكي، مرونة مفصل القدم، قوة مفصل الكاحل) لصالح المجموعة التجريبية (١٧).

٦. دراسة **قاسم كاظم، غسق حبيب، السيد حسون(٢٠٢١م)** بعنوان " أثر تمرينات القوة والمرونة الخاصة باستخدام أجهزة الحديد والأدوات للوقاية من إصابات مفصل الكاحل للاعبى كرة اليد المتقدمين" تهدف الدراسة الى اعداد تمرينات القوة والمرونة للوقاية من إصابات مفصل الكاحل للاعبى كرة اليد المتقدمين، والتعرف على تأثيرها للوقاية من إصابات الكاحل والتعرف على ايهما أفضل للوقاية من إصابات مفصل الكاحل، واستخدمت

الدراسة المنهج التجريبي لمجموعتين تجريبيتين، وتمثلت عينة الدراسة في ١٨ لاعب تم تقسيمهم الى ٩ لتمرينات الأثقال و٩ لتمرينات الأدوات، وكانت أهم النتائج أن تمرينات القوة والمرونة الخاصة باستخدام أجهزة الأثقال والآدوات له تأثير إيجابي في تطوير القوة والمرونة الخاصة لمفصل الكاحل، وجود فروق دالة احصائية بين نتائج استخدام اجهزة الأثقال واستخدام التمرينات البدنية لصالح اجهزة الأثقال لدى للاعبين كرة اليد المتقدمين(١٥).

٧. دراسة (**Gore, A, all 2021**) بعنوان "آثار إعادة التأهيل بالميكانيكا الحيوية للمرضى الذين يعانون من آلام الفخذ الرياضية" وتهدف إلى دراسة المتغيرات الحركية لدى المرضى بعد التدخل بالتاهيل، وتمت ملاحظة الأداءات الحركية لعينة (ن = ٦٥) مصاب ومقارنتهم بمجموعة مكونه من ٥٠ فرد غير مصاب، تم استخدام تحليل الحركى لتحديد الاختلافات في الأداءات الحركية بين المجموعتين. وكانت أهم النتائج أن عاد الأشخاص المصابون إلى المشاركة في الرياضة بدون ألم في فترة زمنية متوسطة قدرها ٩,١٤ أسبوعًا، أن هناك ١٨ متغير للميكانيكية الحيوية مختلفة بشكل كبير بين المجموعة التجريبية والضابطة بعد التاهيل الحركى، وكان هناك سبعة متغيرات لم تعد مختلفة بشكل كبير بعد إعادة التأهيل (٢١).

٨. دراسة (**Young, Hyun Cho, Tae ٢٠٢٣**) بعنوان " تأثير تمرينين مختلفين على التوازن والألم والوظيفة الحركية للكاحل لدى طلاب الجامعات الذكور الذين يعانون من عدم الاستقرار المزمن في الكاحل " تهدف الدراسة الى التعرف على تأثير برنامج تمرين لمدة (٤) أسابيع على نطاق حركة الكاحل، والتوازن الثابت/الديناميكي، والهبوط لدى طلاب الجامعات المصابين بـ **CAI**، واستخدمة الدراسة المنهج التجريبي(٢) مجموعة تجريبية، (١) مجموعة ضابطة، لعدد ٢١ طالب، وكانت أهم النتائج أن تم زيادة المدى الحركى للكاحل وتحسن التوازن للمجموعيتين التي تم تطبيق مجموعات التمارين عليها مقارنة بالمجموعة الضابطة بالإضافة الى تقليل الألم للمجموعتين التجريبيتين (٢٥).

٩. مقال (**Fei Zhao ٢٠٢٤**) بعنوان "تطبيق الميكانيكا الحيوية الرياضية في الرياضة الوقاية من الإصابات وإعادة التأهيل"، تهدف هذه المقال الى تقديم التقنيات والاسس العلمية للميكانيكا الحيوية للوقاية من الاصابات واعادة التاهيل هذه التقنيات مثل أنظمة التقاط الحركة، وقياس قوة رد الفعل الأرضي، والرسم الكهربائي للعضلات، إلى جانب تطبيقاتها مثل في تدريب الرياضيين، وتصميم المعدات الرياضية لتطوير الاداء الرياضى والوقاية من الاصابات (٢٠).

التعليق على الدراسات المرجعية :

- لقد استفاد الباحثان من الدراسات المرجعية في تحديد بعض النواحي الإجرائية في البحث من خلال تطبيق للجانب التجريبي وتوظيف نتائجها في الجانب التطبيقي في تصميم البرنامج الالكترونى المقترح كأحد أساليب التقييم والارشاد. وفي تعضيد مشكلة الدراسة الحالية وأهميتها النظرية والتطبيقية. وفي تحديد عينه البحث ومنهج البحث والاجراءات التنفيذية ووسائل جمع البيانات والمعالجات الاحصائية. كذلك الاستفادة من نتائج الدراسات المرجعية في طريقة عرض نتائج الدراسة الحالية وفي تعضيد ومناقشة نتائجها من حيث اتفاقها واختلافها معها.

المنهج:

استخدم الباحثان المنهج التجريبي باستخدام التصميم التجريبى لمجموعة تجريبية واحدة وذلك باجراء القياسات (القبلية- التتبعية- البعدية)، وذلك لملائمته لطبيعة هذا البحث.

مجتمع البحث:

المصابين بالإلتواء الخارجي لمفصل الكاحل من الرياضيين بالمستويات العليا.

عينة البحث :

بلغ حجم عينة البحث (١١) من الرياضيين والمصابين بالالتواء الخارجي لمفصل الكاحل تتراوح أعمارهم مابين ٢٠ إلى ٣٠ سنة تم اختيارهم عمدياً بعد تشخيص اصابتهم بواسطة الطبيب المختص، كما تم إختيار عدد (٦) لاعبين في نفس المرحلة العمرية لعينة الدراسة لتصويرهم ليقوم كل لاعب بأداء ثلاث محاولات بإجمالي (١٨) محاولة لحركات مفصل الكاحل، وذلك للتعرف على المتغيرات البيوميكانيكية لحركة مفصل الكاحل وكمحك خارجى لقياس مستوى الشفاء من الاصابة، تم التطبيق في وحدة الطب الرياضى باستاد المنصورة الرياضى.

شروط اختيار العينة التجريبية :

١- أن يكون مصاب بالتواء خارجى لمفصل الكاحل، وذلك بناءاً على تشخيص الطبيب المختص.
٢- الموافقة على إجراء القياسات المطلوبة وتطبيق البرنامج التأهيلى، والإنتظام في البرنامج التأهيلى.
٣- عدم الاصابة بإصابات أخرى غير مفصل الكاحل، وأن تكون الإصابة حدثت لأول مرة.

التجانس لعينة الدراسة:

وقد أجرى الباحثان التجانس لعينة الدراسة في متغيرات (السن- الوزن – الطول – العمر التدريبي).

جدول (١)
توصيف عينة البحث والعينة الاستطلاعية

م	عينة البحث	العدد	أسباب اختيار العينات	النسبة
١-	التجريبية	١١	عينة البحث الأساسية	٦٤ %
٢-	الاستطلاعية والمحك	٦	للتعرف على المتغيرات البيوميكانيكية لحركة مفصل الكاحل وكمحك خارجى لقياس مستوى الشفاء من الاصابة	٣٥ %
	المجموع	١٧		%١٠٠

جدول (٢)
توصيف عينة البحث والعينة الاستطلاعية فى المتغيرات الأولية ن =١٧

م	المتغيرات	وحدة القياس	المتوسط	الوسيط	الانحراف المعيارى	الالتواء	التفلطح
١	السن	سنة	28.059	28.000	1.345	-0.294	0.206
٢	الطول	سم	172.000	171.000	2.574	1.246	0.846
٣	الوزن	كجم	74.059	75.000	2.749	-0.458	-1.180
٤	العمر التدريبى	سنة	11.294	12.000	0.849	-0.649	-1.292

يتضح من جدول (٢) تجانس العينة في متغيرات السن والوزن والطول والعمر التدريبى، وأن قيم معاملات الالتواء قد تراوحت بين (-٠,٢٩٤، ١,٢٤٦) أي أنها انحصرت مابين (+٣، -٣) مما يدل على خلو العينة من عيوب التوزيعات غير الإعتدالية، وعدم تشتت البيانات حيث يبين قرب هذه البيانات عن متوسطها. أن قياسات عينة الدراسة التجريبية والاستطلاعية والمحك الخرجى بينهما تجانس في المتغيرات الأولية وأنها وقعت تحت المنحنى الاعتدالى وهذا يدل على تجانس أفراد العينة في هذه المتغيرات.

جدول (٣)
تجانس عينة البحث الأساسية فى المتغيرات قيد البحث (ن =١١)

المتغيرات		وحدة القياس	المتوسط الحسابي	الوسيط	الانحراف المعياري	معامل الالتواء
القوة العضلية للعضلات العاملة على مفصل الكاحل	قبض	نيوتن	0.004	0.004	0.001	1.818
	بسط	نيوتن	0.006	0.007	0.002	-0.156
	انقلاب للداخل	نيوتن	0.502	0.530	0.073	0.008
	انقلاب للخارج	نيوتن	0.095	0.065	0.059	2.504
زاوية مدى مفصل الكاحل	قبض	درجة	7.436	6.400	2.114	0.563
	بسط	درجة	25.091	25.000	1.814	-2.497
	انقلاب للداخل	درجة	25.409	25.500	2.333	0.401
	انقلاب للخارج	درجة	22.845	22.000	2.063	1.047

يتضح من الجدول (٣) أن قيم معامل الالتواء تراوحت ما بين (٢,٥٠٤، ٠,٠٠٨) حيث أنها انحصرت بين (+٣،-٣) مما يدل على تجانس عينة البحث في المتغيرات قيد البحث.

الخطوات الإجرائية للبحث :

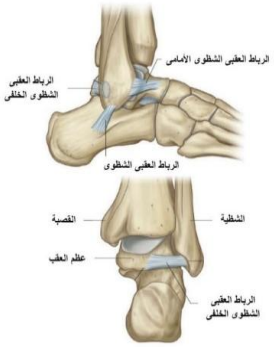
- المسح المرجعى للتعرف على أهم إصابات الرياضيين، البرامج التأهيلية وأسس بناؤها، أسس بناء التدريبات النوعية بيوميكانيكيا.
- إجراء عملية التصوير والتحليل الحركى لاستخراج المتغيرات البيوميكانيكية لحركة مفصل الكاحل لعينة البحث الاستطلاعية ومحك التقييم البيوميكانيكى (لاعبين أصحاء).
- التوصل إلي المتغيرات البيوميكانيكية لحركة مفصل الكاحل (الزمن، الإزاحة، السرعة، العجلة، الزوايا، القوة).
- بناء التدريبات النوعية على أسس بيوميكانيكيا لتأهيل إصابات مفصل الكاحل.
- إستطلاع رأى السادة الخبراء في البرنامج التأهيلى لإصابات مفصل الكاحل، التدريبات المبنية على أسس بيوميكانيكيا.
- بناء البرنامج التأهيلى على أسس بيوميكانيكيا لتأهيل إصابات مفصل الكاحل.
- تصميم البرنامج الالكترونى لتأهيل إصابات مفصل الكاحل بناء على نوع وقوة الاصابة.
- إجراء القياسات القبلية، تطبيق البرنامج التأهيلى، إجراء القياسات البعدية.
- قياس أثر البرنامج التأهيلي الالكترونى بدلالة مؤشرات بيوميكانيكية على علاج إصابات مفصل الكاحل من خلال مقارنة مقارنة القياسات الناتجة من التحليل البيوميكانيكى للمجموعة التجريبية القياسات القبلية والقياسات البعدية لقياسات مجموعة المحك (مجموعة الأصحاء).
- التوصل الى النتائج والاستنتاجات.

وسائل وأدوات جمع البيانات:

١- المسح المرجعى :

قام الباحثان بالإطلاع على المراجع العلمية المتخصصة (الرسائل العلمية، الدوريات العلمية، الدراسات السابقة، الشبكة العالمية للمعلومات) التى تناولت تحليل الأداء الحركى لجسم الانسان، الاصابات الرياضية، التأهيل البيوميكانيكى للاصابات الرياضة، أسس بناء التدريبات النوعية بيوميكانيكيا ومن خلال المسح المرجعى والدراسات السابقة تم إختيار مفصل الكاحل لاهميته في المجال الرياضى وخطورة تلك الاصابة، وتم التوصل الى أن أكثر الإصابات شيوعا بدرجة كبيرة هي التواء الكاحل وتمزق الأربطة الوحشية، وأن مفصل الكاحل يتكون من الأربطة التالية:

- **الرباط الوحشى** : ويتكون من ثلاث حزم ليفية (خلفية، أمامية، سفلية) تمتد من الكعب حتى عظم الشظية.
- **الرباط الانسي** : هو جزء من الرباط الدالى ويعد من أقوى أربطة مفصل الكاحل ومن النادر أن يتمزق هذا الرباط إلا إذا حدثت إصابة الكسر.
- **الرباط الداخلى** : رباط مثلث الشكل يرتبط بالجهة الأنسية لعظام مفصل الكاحل.
- **الحركات التي يقوم بها مفصل القدم والكاحل:** هى (القبض flexion، البسط Plantar flexion، انقلاب للداخل Inversion ، انقلاب للخارج Eversion).



- **العضلات العاملة على مفصل القدم والكاحل هى عضلات** (العضلة القصبية الأمامية، العضلة الباسطة للإبهام الطويلة، العضلة الباسطة للأصابع، العضلة الشظية الثالثة، العضلة التوأمية، العضلة النعلية، العضلة القابضة للإبهام الطويلة، العضلة القابضة للأصابع الطويلة، العضلة القصبية الخلفية)

وتذكر **نسرين الشوابكة (٢٠١٩م)** أن الرياضيين يتمتعون بمفاصل ذات مدى حركى واسع، فمدى حركة مفصل الكاحل في الضم الظهرى للقدم وهو في حالته الطبيعية من درجة (٠ – ٢٠°)، ومدى الضم الأخمصى للقدم من درجة (٠– ٥٠°)، كما أن مدى حركة مفصل الكاحل في الالتواء الأنسي للقدم من درجة (٠ – ٣٥°) والإلتواء الوحشى للقدم من درجة (٠– ٢٥°)، كما تتحدد درجة التواء المفصل بمدى التلف الحادث في الأربطة الخارجية؛ فالالتواء من الدرجة الأولى او البسيط في حالة تمزق ٢٥% من الأربطة، والدرجة الثانية أو المتوسطة في حالة تمزق ٢٥–٧٥% من الأربطة، والدرجة الثالثة أو الشديدة في حالة تمزق أكثر من ٧٥% من الأربطة. (١٩ : ٦٢،١٢)

٢- استطلاع أراء السادة الخبراء:

قام الباحثان بتصميم استمارة استطلاع أراء السادة الخبراء لتحديد العناصر الرئيسية والفرعية لمكونات البرنامج التأهيلى، ومجموعة التمرينات النوعية المبنية على أساس بيوميكانيكى لتأهيل إصابات مفصل الكاحل، وتم عرضها على عدد(١٢) من السادة الخبراء في مجال علوم الحركة الرياضية ومجال الاصابات الرياضية، والتأهيل الحركى. مرفق (١)، مرفق (٢).

وكانت نتائج العرض أن حصل إستطلاع أراء السادة الخبراء في التدريبات النوعية المبنية على أسس بيوميكانيكية على نسبة (٧٥%)، بينما حصل إستطلاع أراء السادة الخبراء

في أسس بناء وتقنين البرنامج التأهيلى على نسبة موافقة (٩١%)، بينما حصل إستطلاع أراء السادة الخبراء في البرنامج التأهيلى لإصابات مفصل الكاحل على نسبة موافقة (٩١%)، وقد **ارتضى الباحثان تلك النسب مرفق (٣).**

٣- الأجهزة والأدوات المستخدمة :

قام الباحثان باستخدام الأجهزة اللازمة لإجراء القياسات قيد البحث وكانت كالآتى : **مرفق (٤)**

- قياس الطول باستخدام شريط القياس، قياس الوزن باستخدام الميزان الطبي.
- جهاز الديناموميتر لقياس القوة العضلية للعضلات العاملة على مفصل الكاحل.
- مقياس التناظر البصرى (V.A.S) لقياس شدة الإحساس بالألم.
- التصوير بالفيديو والتحليل البيوميكانيكى ببرنامج(Tracker) لقياس المدى الحركى لمفصل الكاحل.

٤- الأدوات والأجهزة المستخدمة فى التصوير والتحليل الحركى:

- عدد(٢) كاميرا فيديو فائقة السرعة، سرعة التردد ١٢٠ كادر/الثانية من نوع (Sports Cam).
- مربع معايرة مطلي باللونين الأبيض والأسود (50cm x 50 cm).
- العلامات الفسفورية.
- جهاز حاسب آلي، وبرنامج التحليل الحركي Tracker وبرنامج Max TRAQ

ثانيا : إجراءات التصوير والتحليل الحركى لاستخراج المتغيرات البيوميكانيكية لحركة مفصل الكاحل لعينة البحث الاستطلاعية ومحك التقييم البيوميكانيكى (لاعبين أصحاء) :

- **أخذ القياسات الأنثروبومترية:** تم إجراء القياسات الأنثرومترية متبعا شروط القياس الأنثرومترى الناجح
- **إعداد مكان التصوير:**قام الباحثان بتحديد مجال الحركة بوضع علامات إرشادية، وقد تم تنصيف المجال الحركي لتصبح الكاميرتان عموديتان على منتصف مستوي الحركة لمفصل الكاحل، لتبعد الكاميرا عن مجال أداء الحركة (١,٥ متر)، وكان ارتفاع الكاميرا (٩٥، ٢٠ سم).

جدول (٤)
أبعاد الكاميرات فى عملية التصوير

م	عدسة الكاميرات	بعدها عن منتصف مجال الحركة	إرتفاعها عن الأرض
١	الكاميرا (١)	١,٥ متر	٩٥ سم
٢	الكاميرا (٢)	١,٥ متر	٢٠ سم

- **إعداد كاميرات التصوير:** قام الباحثان باستخدام كاميرتان فيديو رقمية high speed camera Sports مصنعة للتحليل الحركي فى المجال الرياضى بسرعة ١٢٠ كادر/ثانيه، وتم وضع الكاميرتان على حامل ثلاثى، ثم تم وضع مربع المعايرة فى منتصف مجال الحركة؛ بحيث يكون المكعب عموديا على الكاميرتان، ثم أخذ لقطة تصويرية الكاميرا لإتمام عملية المعايرة.
- **التصوير والتحليل:** تم مراعاة الشروط العلمية لإعداد وتجهيز مجال التصوير؛ حيث يجلس المصاب مواجه لاحدى الكاميرات بالجانب ومواجه للامام للكاميرا الأخرى ثم يقوم بأداء حركة قبض وبسط لمفص الكاحل وحركة تقريب وتبعيد لمفصل الكاحل، وبعد ذلك يتم التأكد من تسجيل المحاولة على الكاميرتان ثم نقلها الى الحاسب الألى المحمول، بعد التصوير يتم التحليل بواسطة برنامجى التحليل الحركى Tracker، Max TRAQ ثم يتم إيجاد مركز ثقل وصلات كل من الفخذ والساق والقدم باستخدام جداول(فيشر وبراون)، ومن خلال معالجة البيانات عن طريق برنامج التحليل الحركي يتم التوصل إلي المتغيرات البيوكينماتيكية الخاصة بمفصل الكاحل(الزمن، الإزاحة، السرعة، العجلة، الزوايا، القوة).

ثالثا: بناء البرنامج التأهيلى لإصابات مفصل الكاحل: مرفق (٥)

قام الباحثان بتصميم البرنامج التأهيلى المقترح بعد عرضه على مجموعة من الخبراء في مجال الإصابات البدنية والتأهيل الحركى والبيوميكانيك وقد توصل الباحثان إلى البرنامج في صورته النهائية وأصبح جاهزاً للتطبيق. ويهدف البرنامج التأهيلى المقترح الى علاج مفصل الكاحل من خلال مجموعة تدريبات مقترحة مبنية على أسس بيوميكانيكية بهدف (زيادة المدى الحركي لمفصل الكاحل، تنمية القوة العضلية للعضلات العاملة على مفصل الكاحل، تحسين وتقليل درجة الإحساس بشدة الألم للاصابة).

١- أسس بناء البرنامج التأهيلى المقترح والتدريبات النوعية:

عند تصميم البرنامج التأهيلى المقترح والتدريبات النوعية لعينة البحث تم مراعاة الأسس التالية :

- مراعاة أن تتمشى التمرينات المقترحة مع أهداف البرنامج التأهيلى.
- مراعاة أن تتلائم التدريبات مع المؤشرات البيوميكانيكية لحركة المفصل.
- مراعاة المدى الحركى للمفصل.
- مراعاة العضلات العاملة على المفصل.

- مراعاة تدريب على زوايا العمل العضلى حتى يتم تنمية جميع الألياف العضلية وبالتالي تستطيع العضلة أن تعمل بكامل كفاءتها، والوصول الى زيادة المدى الحركي لمفصل الكاحل.
- اختيار التمرينات الأكثر ملائمة للعمل العضلى لمجموعة العضلات العاملة على مفصل الكاحل.
- مراعاة التدرج في أداء التمرينات من السهل إلى الصعب ومن البسيط إلى المركب.
- مرعاة التنوع في التمرينات والأدوات المختلفة المستخدمة.
- مراعاة التكامل بين جميع محتويات البرنامج.
- مرعاة تقنين حمل التدريب من خلال فترات الراحة بين كل تمرين وأخر وبين كل مجموعة وأخرى.
- مراعاة تغيير نوع الانقباض العضلى لتنمية جميع الألياف العضلية مع مراعاة أن تبدأ المرحلة بالإنقباض الثابت حتى نتجنب تفاقم الإصابات.

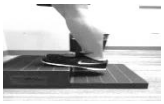
٢- تقنين البرنامج التأهيلى المقترح :

تم تنفيذ البرنامج التأهيلى المقترح باستخدام تدريبات نوعية مبنية على أسس بيوميكانيكية تنوعة بين تمرينات للمرونة لمفصل الكاحل وتمرينات للقوة العضلية للعضلات العاملة على مفصل الكاحل، ويتم العمل داخل البرنامج التأهيلى على ثلاث مراحل تأهيلية لمدة (١٢) أسبوع تم تقسيم هذه المراحل الى؛ (٤) أسابيع للمرحلة الأولى، (٤) أسابيع للمرحلة الثانية، (٤) أسابيع للمرحلة الثالثة، وذلك تبعاً للأسس التالية:

- عدد الوحدات التدريبية وحدتان في الأسبوع، باجمالى (٢٤) وحدة داخل البرنامج التأهيلى.
- زمن الوحدة (٦٠ ق)
- يتم توزيع كثافة الحمل داخل وحدات البرنامج التأهيلى الى(٣) أجزاء هم: الجزء التمهيدى (١٠ق)، الجزء الرئيسي (٤٥ق)، الجزء الختامي (٥ق).
- يتم تقنين شدة الحمل في البرنامج التأهيلى المقترح في المراحل الثلاث الى المرحلة الأولى : تتراوح بين ٤٠% : ٦٠% من أقصى شدة حمل، المرحلة الثانية : تتراوح بين ٦٠% : ٧٠% من أقصى شدة حمل، المرحلة الثالثة : تتراوح بين ٧٠% : ٨٠% من أقصى شدة حمل.

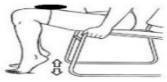
٣- نموذج لوحدة من البرنامج التأهيلى المقترح:

التاريخ: المصاب رقم: (٣، ٥،٦) المرحلة: الثانية الوحدة: الثالثة

أجزاء الوحدة	المحتوى	العضلات العاملة	تشكيل الحمل					شكل الأداء
			زمن الأداء	الراحة	مج	القوة	الزاوية	
	(وقوف) المشي أماما	العضلات الظهرية للقدم عضلات باطن القدم	٦٠ ث	٣٠ ث	٣	وزن الجسم	-	
الجـــزء التمهيدى الإحماء (١٠ق)	(وقوف) سند مشط القدمين على حافة صندوق ورفع العقبين.	العضلات الأمامية والخلفية للساق العضلات الظهرية للقدم وباطن القدم	١٥ث	١٥ث	٣	وزن الجسم	زاوية ٢٥ درجة	
	(وقوف مواجه كرسي) الوقوف على أصابع القدمين والثبات	العضلات الخلفية للساق عضلات باطن القدم	٤٥ ث	١٥ث	٣	وزن الجسم	زاوية ٢٥ درجة	
الجـــزء الرئيسي (٤٥ق)	(جلوس طويل) مواجه لعقل الحائط يتم تثبيت شريط مطاط في القدم المصاب ثنى المفصل والثبات.	عضلات الفخذ والساق الأمامية العضلات الظهرية للقدم	٣٥ث	١٥ث	٣	شريط مطاط ٣كجم	٣٠ درجة	
	(جلوس طويل) مواجه الجانب لعقل الحائط تثبيت شريط مطاط في وجه القدم المصاب دوران القدم للأنسية	العضلات الأمامية للساق العضلات الظهرية للقدم عضلات باطن القدم	٣٥ث	١٥ث	٣	شريط مطاط ٣كجم	٣٠ درجة	
	(جلوس طويل) مواجه الجانب لعقل الحائط تثبيت شريط مطاط في وجه القدم المصاب دوران القدم للوحشية	العضلات الأمامية والخلفية للساق عضلات باطن القدم	٣٥ث	١٥ث	٣	شريط مطاط ٣كجم	٣٠ درجة	
	(جلوس طويل) الظهر مواجه عقل الحائط يتم تثبيت شريط مطاط في القدم المصاب مد مفصل القدم والثبات	العضلات الخلفية للساق عضلات باطن القدم	٣٥ث	١٥ث	٣	شريط مطاط ٣كجم	٣٠ درجة	
	(وقوف على القدم المصابة) ثنى الركبة مع فرد القدم السليمة للأمام والثبات	عضلات الفخذ والساق الأمامية والخلفية والعضلات الظهرية للقدم عضلات باطن القدم	٣٥ث	١٥ث	٣	وزن الجسم	ثنى الركبة ٤٥درجة	
	(وقوف على القدم المصابة. الذراعين في الوسط) تحريك الرجل الحرة خلفا ثم جانبا ثم أماما.	عضلات الفخذ والساق الأمامية والخلفية والعضلات الظهرية للقدم عضلات باطن القدم	٣٥ث	١٥ث	٣	وزن الجسم	زاوية ٣٥ درجة	

– تابع نموذج لوحدة من البرنامج التأهيلى المقترح:

التاريخ: المصاب رقم: (٣، ٥،٦) المرحلة: الثانية الوحدة: الثالثة

أجزاء الوحدة	المحتوى	العضلات العاملة	تشكيل الحمل					شكل الأداء
			زمن الأداء	الراحة	مج	القوة	الزاوية	
	(وقوف على القدم المصابة) الذراعين ثبات الوسط والثبات	العضلات الأمامية والخلفية للساق والعضلات الظهرية للقدم عضلات باطن القدم	٣٥ث	١٥ث	٣	وزن الجسم	٣٠ درجة	
	(وقوف) سند مشط القدم المصاب على حافة والثبات.	العضلات الأمامية والخلفية للساق العضلات الظهرية للقدم	٣٥ث	١٥ث	٣	وزن الجسم	زاوية ٤٥ درجة	
	(جلوس على كرسي) وضع ثقل على الفخذين – رفع الكعبين عن الأرض.	العضلات الخلفية للساق	٣٥ث	١٥ث	٣	ثقل وزن ٥كجم	زاوية ٣٥ درجة	
الجزء الختامي (٥ق)	(جلوس طويل) عمل دوائر بمشط القدم في الاتجاهين الأنسى والوحشي	العضلات الأمامية والخلفية للساق والظهرية للقدم وباطن القدم	٣٥ث	١٥ث	٣	وزن القدم	٣٠ درجة	

تصميم البرنامج الإلكترونى لتأهيل إصابات مفصل الكاحل: مرفق (٦)

مراحل بناء النظام البرمجي:

تتألف دورة بناء البرنامج الالكترونى من المراحل التالية:

١– تحليل المتطلبات Requirement Analysis :

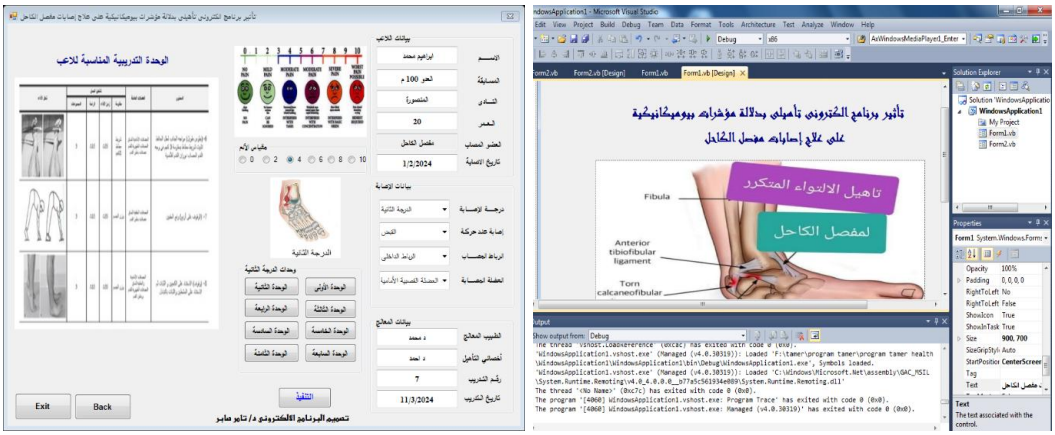
في هذه المرحلة قام الباحثان بتحديد المتطلبات والأهداف فكان الهدف هو تصميم برنامج إلكترونى يساعد في التأهيل الحركى بدلالة مؤشرات بيوميكانيكية على علاج إصابات مفصل الكاحل.

٢– التصميم Design :

قام الباحثان باختيار لاعداد البرنامج لغة Visual Basic١٠ لتصميم البرنامج فتم تصميم عدة شرائح فكانت الشريحة الأولى عنوان البحث ومقدمة للبرنامج والثانية يتم اختيار نوع الاصابة والعضلة المصابة المراد تأهيلها والثالثة بها التمرينات البدنية المبنية على اسس بيوميكانيكية والبرنامج التأهيلى.

٣- التنفيذ Implementation

قام الباحثان بتنفيذ وتصميم وبناء البرنامج بتنفيذ "نموذجٍ أوليّ للبرنامج وتحول الخوارزميات السابقة إلى إحدى اللغات البرمجية، والتأكد من صحتها. **مرفق (٧)**



شكل (٢) صور من البرنامج الالكترونى، والبرمجة الداخلية للبرنامج الالكترونى

١- الاختبار :Testing

قام الباحثان باختبار البرنامج وذلك من خلال التأكد من أنه يقوم بكافة الوظائف المطلوبة منه وذلك من خلال تطبيق البرنامج الالكترونى المقترح.

الدراسة الاستطلاعية:

قام الباحثان بإجراء دراسة استطلاعية على عينة قوامها (٦) أشخاص يوم السبت الموافق (٢٠٢٤/٩/١م) حتى يوم الاثنين الموافق(٢٠٢٤/٩/٩م)، **الهدف** منها هو التصوير والتحليل البيوميكانيكى لحركات مفصل الكاحل لاستخراج المتغيرات البيوميكانيكية لحركة مفصل الكاحل كمحك للتقييم البيوميكانيكى(لاعبين أصحاء)، والتأكد من صلاحية وسلامة الأدوات والأجهزة المستخدمة ومدى دقتها والتدريب على استخدامها، والتأكد من إتباع وتنفيذ الطريقة الصحيحة والعلمية لإجراء القياسات عملياً، اكتشاف المشاكل والصعوبات التي يمكن أن تواجه الباحثان ومحاولة التغلب عليها، تدريب المساعدين على أسلوب العمل بالبحث والتأكد من إلمامهم ومعرفتهم بطبيعة القياسات وكيفية القياس والتسجيل، تجربة البرنامج الالكترونى المقترح والتاكد من أنه يقوم بكافة الوظائف المطلوبة منه.

الدراسة الأساسية:

قام الباحثان بأخذ الموافقات الطبيب المسئول عن الحالات ومن عينة الدراسة بتطبيق البرنامج التأهيلى وإجراء القياسات اللازمة المقترح قام الباحثان بالتالى:

٢- إجراء القياسات القبلية:

قام الباحثان بإجراء القياسات القبلية لعينة البحث الأساسية وذلك في يوم الأحد الموافق ٢٠٢٤/٩/١٥م وتم تسجيل البيانات ونتائج القياسات للمصابين في استمارة التسجيل **مرفق (٨)** **واشتملت على القياسات التالية:** (قياس الطول باستخدام شريط القياس، قياس الوزن باستخدام الميزان الطبي، قياس المدى الحركى لمفصل الكاحل باستخدام التحليل البيوميكانيكى لحركات المفصل، قياس القوة العضلية للعضلات العاملة على مفصل الكاحل باستخدام التحليل البيوميكانيكى لحركات المفصل، قياس التناظر البصرى (V.A.S) لقياس شدة الإحساس بالألم).

٣- تطبيق البرنامج اللكترونى للتأهيل الحركى لإصابات مفصل الكاحل:

اشتمل البرنامج التأهيلي المقترح على (٢٤) وحدة تأهيلية، زمن كل وحده (٦٠) دقيقة، بواقع وحدتان في الأسبوع ولمدة (١٢ أسبوع) لكل مصاب بواقع (٨) وحدات للمرحلة الأولى، (٨) وحدات للمرحلة الثانية، (٨) وحدات للمرحلة الثالثة وذلك في الفترة من يوم الاثنين الموافق ٢٠٢٤/٩/١٦م إلى يوم الأحد الموافق ٢٠٢٤/١٢/٨م، حيث تم تنفيذ البرنامج لكل مصاب على حدة نظراً لاختلاف درجة ونوع الإصابة.

٤- إجراء القياسات البعدية: مرفق (٨)

تم إجراء القياسات البعدية على عينة البحث بعد الانتهاء من تنفيذ البرنامج مع إجراء القياسات بنفس ترتيب القياسات القبلية وذلك يوم الاثنين الموافق ٢٠٢٤/١٢/٩م وتم تسجيل القياسات البعدية وإجراء التصوير والتحليل البيوميكانيكى لقياس نسبة ودرجة التحسن.

المعالجات الإحصائية :

قام الباحثان بإجراء المعالجات الإحصائية من خلال برنامج Microsoft Excel & SPSS 20 2010، وقد إرتضى الباحثان بمستوى دلالة مئوية (٠,٠٥)، وتمثلت في الآتي:

- المتوسط الحسابي.
- الانحراف المعياري.
- الوسيط.
- معامل الالتواء لتجانس فرق البحث.
- اختبار "ت" T.test لدلالة الفروق بين متوسطى القياسات القبلية والبعدية للمجموعة التجريبية.

عرض ومناقشة النتائج:

أولاً: عرض نتائج متوسطات المتغيرات البيوميكانيكية المختارة لحركات مفصل الكاحل لمجموعة المحك الخارجى (الأصحاء):

تم التعرف على قيم المتغيرات البيوميكانيكية (الزمن، الازاحة، السرعة، العجلة، الزوايا، القوة) لحركة مفصل الكاحل لمجموعة المحك الخارجى (الأصحاء) من خلال التصوير والتحليل

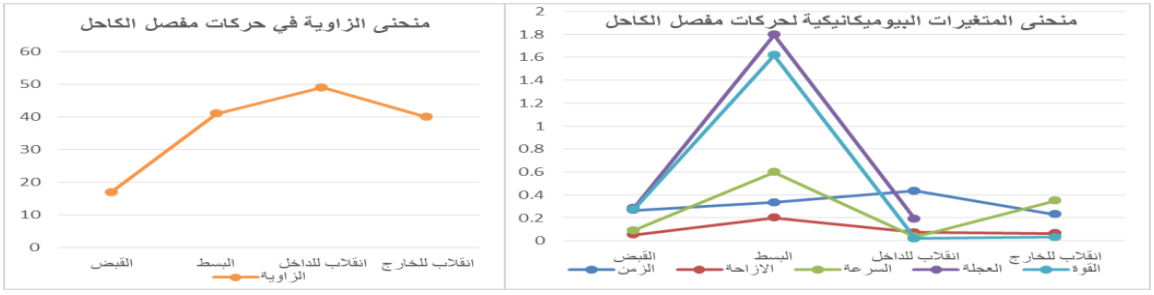
الحركى لعينة البحث الاستطلاعية (٦) لاعبين باجراء (٣) محاولات لكل لاعب باجمالى عدد (١٨) أداء حركى وكانت أهم النتائج ما يلي: **مرفق (٩)**

جدول (٦)

متوسطات المتغيرات البيوميكانيكية المختارة لحركات مفصل الكاحل ن =١٨

المتغيرات			الزمن	الازاحة	السرعة	العجلة	الزاوية	القوة
حركات مفصل الكاحل	قبض	المتوسط	0.266	0.054	0.092	0.288	17.793	0.276
		الانحراف	0.021	0.008	0.046	0.046	0.027	0.045
		الالتواء	-1.972	-2.999	0.978	0.153	-1.985	0.928
	بسط	المتوسط	0.336	0.202	0.6	1.797	41.903	1.618
		الانحراف	0.024	0.037	0.047	0.077	0.397	0.041
		الالتواء	-0.845	0.980	1.089	-1.471	1.599	-1.077
	انقلاب للداخل	المتوسط	0.435	0.073	0.035	0.191	49.542	0.021
		الانحراف	0.045	0.011	0.008	0.022	0.682	0.005
		الالتواء	-0.470	0.291	1.328	-1.319	-1.458	0.738
	انقلاب للخارج	المتوسط	0.230	0.064	٠,٣٥٠	0.032	40.748	0.032
		الانحراف	0.020	0.030	0.076	0.005	0.515	0.006
		الالتواء	-2.405	0.280	-0.027	0.938	0.362	-0.185

شكل (٣) يوضح صور من برنامج التحليل الحركى



شكل (٤) يوضح منحنى المتغيرات البيوميكانيكية لحركات مفصل الكاحل

يتضح من الجدول (٦) وشكل(٤) قيم المتغيرات البيوميكانيكية المستخرجة من التحليل البيوميكانيكى للاعبين المتميزين ذوى المستويات العليا الأصحاء فقد تم التوصل الى قيم (الزمن، الازاحة، السرعة، العجلة، الزاوية، القوة) لحركات مفصل الكاحل(القبض، البسط، الانقلاب للداخل، الانقلاب للخارج) فكانت متوسطات قيم السرعة لحركات مفصل الكاحل (القبض، البسط، الانقلاب للداخل، الانقلاب للخارج) على التوالى(0.092 م/ث، 0.6 م/ث، ٠,٠٣٥ م/ث، ٠,٣٥٠ م/ث)، وكانت متوسطات قيم الزاوية لحركات مفصل الكاحل (القبض، البسط، الانقلاب للداخل، الانقلاب للخارج) على التوالى(١٨°، ٤٢°، ٥٠°، ٤١°)، وكانت متوسطات قيم القوة على التوالى كانت (٠,٢٧٦ N، ٠,٦١٨ N، ٠,٠٢١ N، ٠,٠٣٢ N).

وبملاحظة تلك القيم نجد انها أكبر من القيم الطبيعية للأفراد الأصحاء ويرجع الباحثان ذلك الى أن قيم المتغيرات البيوميكانيكية للرياضين تكون أكبر من قيم المتغيرات البيوميكانيكية للأفراد غير الرياضيين ذلك لما للتدريب الرياضى والممارسة الرياضية للوصول الى مستوى البطولة من تأثير على زيادة مدى المفصل وقوة وسرعة انقباض العضلات ومطاطية الاربطة والأوتار، لذلك سيقوم الباحثان من خلال البرنامج التأهيلى بمحاولة الوصول بالعينة التجريبية قيد الدراسة (المصابين) لقيم المتغيرات البيوميكانيكية (الزمن، الازاحة، السرعة، العجلة، الزاوية، القوة) لحركات مفصل الكاحل للفرد السليم.

ويتفق ذلك مع ما تذكره **نسرين الشوابكة (٢٠١٩م)، أحمد فرحان (٢٠٢٢م)** أن الرياضيين يتمتعون بشكل خاص بمفاصل ذات مدى حركى واسع خلال التدريب، على العكس من ذلك فأن الأشخاص غير الرياضيين يقومون بعمل حركات ذات مدى مفصلى قليل نسبيا، وأن هناك ارتباط وثيق بين مرونة المفصل وقدرة الألياف العضلية والأربطة والأوتار على الاستطالة، وأن استخدام التمارين التي تركز على تطوير المدى الحركى للمفصل لها تأثيراً إيجابيا على الأربطة والأوتار والعضلات المحيطة بالمفصل (١٩ : ١٢)،(٤ : ٢٧٨).

ثانيا: بناء التدريبات النوعية على أسس بيوميكانيكية لتأهيل مفصل الكاحل:

قام الباحثان باختيار وتقنيين ووضع مجموعة من التدريبات النوعية المبنية على أسس بيوميكانيكية بناء على التصوير والتحليل البيوميكانيكى للمتغيرات البيوميكانيكية المختارة لحركات مفصل الكاحل لمجموعة المحك الخارجى (الأصحاء) لاستخدامها ضمن البرنامج التأهيلى المقترح لتأهيل إصابات مفصل الكاحل، وقد تم الاستعانة باستمارة **تامر صابر محمد ٢٠١٥** (١٠) وهى استمارة للتحليل الكيفى البيوميكانيكى لوضع تدريبات نوعية على أسس بيوميكانيكية.

جدول (12) نموذج لاستمارة للتحليل الكيفي البيوميكانيكى لوضع تدريبات نوعية على أساس بيوميكانيكى :

م	نموذج لاستمارة للتحليل الكيفي البيوميكانيكى لوضع تدريبات نوعية																							
1	المهارة المختارة																							
2	اللحظات المختارة المؤثرة في الاداء	المرحلة التمهيدية							المرحلة الرئيسية							المرحلة الختامية								
3	وضع شكل توضيحي للأداء الحركي	صورة توضيحية							صورة توضيحية							صورة توضيحية								
4	مكونات الجسم	الرأس	الذراع اليمنى	الذراع اليسرى	الجذع	القدم اليمنى	القدم اليسرى	الرأس	الذراع اليمنى	الذراع اليسرى	الجذع	القدم اليمنى	القدم اليسرى	الرأس	الذراع اليمنى	الذراع اليسرى	الجذع	القدم اليمنى	القدم اليسرى	الرأس	الذراع اليمنى	الذراع اليسرى	الجذع	القدم اليمنى	القدم اليسرى
5	ملاحظة الاداء																							
6	توضيح الهدف البيوميكانيكى من حركة كل جزء من أجزاء الجسم																							
7	تحديد المتغير البيوميكانيكى بناء على الهدف من حركة أجزاء الجسم																							
8	التحليل البيوميكانيكى للأداء																							
9	تحليل مكونات المتغير البيوميكانيكى للوصول الى المتغيرات الاساسية																							
10	وضع المستوى المعياري للأداء البيوميكانيكى الامثل																							
11	وضع تمرين نوعي في ضوء تحليل المكون البيوميكانيكى والمستوى المعياري																							
12	تقنين التدريب النوعى																							
13	وضع شكل التدريب النوعي																							

شكل (٥) استمارة للتحليل الكيفى البيوميكانيكى لوضع تدريبات نوعية على أسس بيوميكانيكية لـ تامر صابر محمد ٢٠١٥.

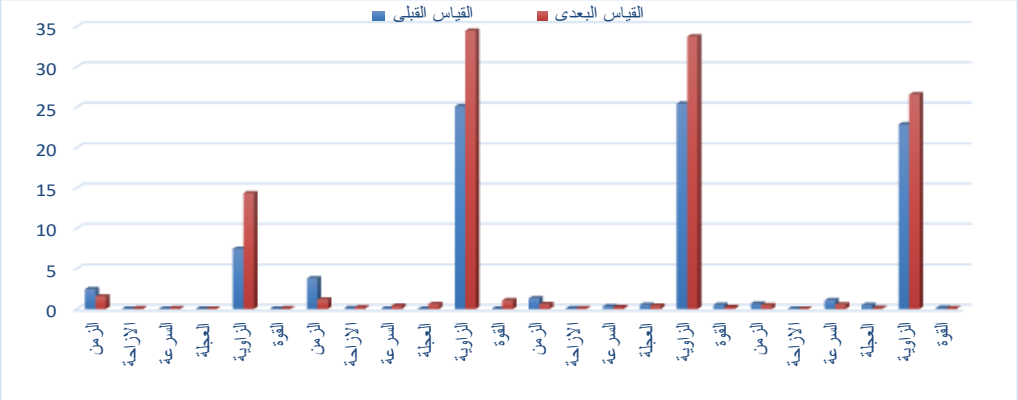
وقام الباحثان بتطبيق الاستمارة من خلال مجموعة من الخطوات والمراحل وهى (التحليل الكيفى للاداء الامثل لحركة المفصل، وضع الهدف البيوميكانيكى لحركة المفصل، تحديد المتغير البيوميكانيكى بناء على هدف الحركة، تحليل المتغير البيوميكانيكى، التحليل البيوميكانيكى للأداء، وضع المستوى المعياري للأداء البيوميكانيكى الامثل(المتغيرات البيوميكانيكية المثلي للاداء)، وضع تدريب نوعي في ضوء تحليل المكون البيوميكانيكى والمستوى المعياري، تقنين التدريب النوعى، وضع شكل ورسم واخراج للتدريب النوعي)، والتوصل الى وضع عدد (٢٢) تدريب نوعى مبنى على أساس بيوميكانيكى لاستخدامهم داخل البرنامج التأهيلى المقترح، كما تم عرض تلك التمرينات على السادة الخبراء فحصل إستطلاع أراء السادة الخبراء في التدريبات النوعية المبنية على أسس بيوميكانيكية على نسبة موافقة بلغت (٧٥%). **مرفق (١٠)**

ثالثا: دلالة الفروق بين متوسطات القياسين القبلى والبعدى للمجموعة التجريبية:

جدول (٧)

دلالة الفروق بين متوسطات القياسين القبلى والبعدى للمجموعة التجريبية ن =١١

المتغيرات			القياس القبلى		القياس البعدى		الفرق بين المتوسطات	قيمة ت	نسبة التحسن
			المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف			
حركات مفصل الكاحل	قبض	الزمن	2.424	0.3819	1.534	0.3433	-0.891	*6.315	%45.018
		الازاحة	0.029	0.0095	0.046	0.0116	0.017	*-5.190	%46.400
		السرعة	0.009	0.0055	0.065	0.0358	0.056	*-5.058	%150.130
		العجلة	0.005	0.0041	0.021	0.0158	0.016	*-3.175	%122.500
		الزاوية	7.436	2.1144	14.327	1.7939	6.891	*-7.699	%63.320
		القوة	0.004	0.0012	0.039	0.0092	0.036	-14.503*	%166.730
	بسط	الزمن	3.783	0.5574	1.161	0.3587	-2.622	*12.832	%106.060
		الازاحة	0.061	0.0346	0.150	0.0479	0.088	*-7.841	%83.620
		السرعة	0.027	0.0147	0.377	0.1773	0.349	*-6.624	%173.000
		العجلة	0.006	0.0022	0.598	0.3917	0.592	*-5.017	%195.880
		الزاوية	25.091	1.8141	34.455	2.5442	9.364	-11.862*	%31.450
		القوة	0.006	0.0018	1.034	0.5578	1.028	*-6.111	%197.880
	انقلاب للداخل	الزمن	1.295	0.3011	0.567	0.1857	-0.727	*7.860	%78.100
		الازاحة	0.039	0.0363	0.071	0.0229	0.032	*-3.278	%57.870
		السرعة	0.302	0.0679	0.192	0.0469	-0.109	*4.353	%44.170
		العجلة	0.495	0.0985	0.395	0.0382	-0.100	*3.317	%22.460
		الزاوية	25.409	2.3326	33.727	2.8667	8.318	*-5.907	%28.130
		القوة	0.502	0.0735	0.192	0.0591	-0.309	*10.861	%89.070
	انقلاب للخارج	الزمن	0.610	0.1143	0.446	0.0699	-0.164	*4.845	%30.970
		الازاحة	0.029	0.0140	0.035	0.0134	0.006	*-4.183	%20.000
		السرعة	1.064	0.0380	0.533	0.1294	-0.531	*13.049	%66.520
		العجلة	0.481	0.2820	0.090	0.0295	-0.392	*4.179	%137.290
		الزاوية	22.845	2.0632	26.545	2.1616	3.700	*-3.727	%14.980
		القوة	0.095	0.0594	0.063	0.0407	-0.032	*1.475	%40.250



شكل (٦) يوضح الفروق بين متوسطات القياسين القبلى والبعدى للمجموعة التجريبية.

يتضح من الجدول (٧) عند مقارنة المتغيرات البيوميكانيكية للقياسين القبلى والبعدى لحركات (القبض، البسط، الانقلاب للداخل، الانقلاب للخارج) مفصل الكاحل زيادة في متغيير الزمن للقياس القبلى لمجمل حركات مفصل الكاحل عن القياس البعدى ويرجع الباحثان ذلك لبط الحركة أثناء الاصابة عنها في القياس البعدى الذى تميز بالسرعة في مجمل حركات مفصل الكاحل وكانت نسب التحسن في زمن الحركات كالتالى (٤٥%، ١٠٦%، ٧٨%، ٣٠%).

وبملاحظة متغيرات (الازاحة، السرعة، العجلة، القوة) لحركات مفصل الكاحل (القبض، البسط، الانقلاب للداخل، الانقلاب للخارج) نجد العكس بأنه أثناء القياس القبلى كانت قيم تلك المتغيرات صغيرة وبعد اجراء البرنامج التأهيلى والقياس البعدى نجد أن تلك القيم تحسنت في القياس البعدى وزادت السرعة والعجلة والقوة للاداء خلال حركات المفصل الاربعة ويرجع الباحثان ذلك للاستشفاء من الاصابة. فعلى سبيل المثال كان الفرق بين متوسطى القياس القبلى والبعدى لمتغير سرعة الاداء لحركات المفصل كانت كالتالى(0.056، 0.349، 0.109-، 0.531-) وكانت نسب التحسن لنفس المتغير كالتالى(١٥٠%، ١٧٣%، ٤٤%، ٦٦%).

ويتضح أيضاً تحسن متغير الزاوية لحركات مفصل الكاحل (القبض، البسط، الانقلاب للداخل، الانقلاب للخارج) في القياس البعدى عنه في القياس القبلى فكان الفرق بين متوسطى القياسين كالتالى (6.891 ° ، 9.36 ° ، ٨,٣١ ° ، ٣,٧°) وكانت نسب التحسن للزاوية كالتالى (٦٣%، ٣١%، ٢٨%، ١٥%) ويرجع الباحثان ذلك الى تأثير البرنامج التدريبي المقترح.

ويتضح أيضاً من الجدول (٧) أن هناك فروق دالة إحصائياً في جميع قيم المتغيرات البيوميكانيكية لحركات مفصل الكاحل (القبض، البسط، الانقلاب للداخل، الانقلاب للخارج) لصالح القياس البعدى ويرجع الباحثان ذلك الى تأثير البرنامج التدريبي المقترح.

ويتفق ذلك مع ما توصل إليه كلاً من: **أحمد محمد سيد، أدهم عبدالرؤف الشرقاوى، محمد أحمد الحمادى (٢٠٢٣م) (٥)، أحمد عاطف الشلقامى، أحمد محمد جاب الله (٢٠٢٣م) (٢)** في أن أهمية التمرينات التأهيلية العلاجية المناسبة من خلال برنامج التأهيل تكمن فى تقوية العضلات وزيادة حجمها وتحملها زيادة سرعتها من خلال تنمية وتطوير القوة العضلية والمرونة المفصلية واطالة العضلات مع الاحتفاظ بمرونة العضلات كما أنها تعتبر المحور الأساسى الطبيعى في علاج الإصابة التى تعمل على علاج حالات الخلل الوظيفى للجزء المصاب وأن يستعيد الفرد المصاب حالته الطبيعية ويستطيع القيام بأداء حياته على الوجه الأكمل بسهولة ويسر.

ويتفق أيضا مع **أحمد فرحان (٢٠٢٢م)** في أن هناك ارتباط وثيق بين مرونة المفصل وقدرة الألياف العضلية والأربطة والأوتار على الاستطالة، وأن استخدام التمارين التي تركز على تطوير المدى الحركى للمفصل لها تأثيراً إيجابيا على الأربطة والأوتار والعضلات المحيطة بالمفصل مما يزيد من سرعة ومدى المفصل (٤ : ٢٧٨).

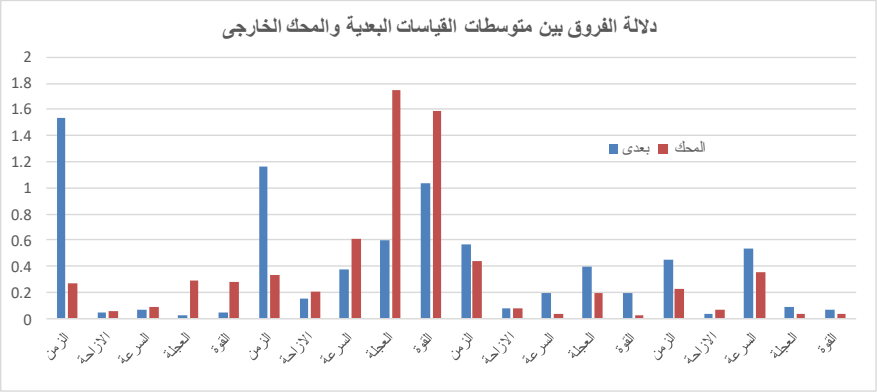
دلالة الفروق بين متوسطات القياسين البعدى للمجموعة التجريبية والمحك الخارجى (الأصحاء):

جدول (٨)
دلالة الفروق بين متوسطات القياسين البعدى للمجموعة التجريبية والمحك الخارجى (الأصحاء) ن١=١١، ن٢= ١٨

المتغيرات			القياس البعدى التجريبي		المحك الخارجى (الأصحاء)		الفرق بين المتوسطات
			المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف	
حركات مفصل الكاحل	قبض	الزمن	1.534	0.3433	0.266	0.0214	-1.268
		الازاحة	0.046	0.0116	0.054	0.0077	0.008
		السرعة	0.065	0.0358	0.092	0.0457	0.027
		العجلة	0.021	0.0158	0.288	0.0462	0.267
		الزاوية	14.327	1.7939	17.793	0.0269	3.465
		القوة	0.039	0.0092	0.276	0.0455	0.237
	بسط	الزمن	1.161	0.3587	0.333	0.0243	-0.828
		الازاحة	0.150	0.0479	0.206	0.0369	0.056
		السرعة	0.377	0.1773	0.609	0.0468	0.232
		العجلة	0.598	0.3917	1.753	0.0770	1.155
		الزاوية	34.455	2.5442	42.097	0.3974	7.643
		القوة	1.034	0.5578	1.593	0.0406	0.559
	انقلاب للداخل	الزمن	0.567	0.1857	0.435	0.0450	-0.133
		الازاحة	0.071	0.0229	0.073	0.0105	0.002

تابع جدول (٨)
دلالة الفروق بين متوسطات القياسين البعدى للمجموعة التجريبية والمحك الخارجى (الأصحاء) ن١=١١، ن٢= ١٨

المتغيرات			القياس البعدى التجريبي		المحك الخارجى (الأصحاء)		الفرق بين المتوسطات
			المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف	
		السرعة	0.192	0.0469	0.035	0.0085	−0.158
		العجلة	0.395	0.0382	0.191	0.0223	−0.204
		الزاوية	33.727	2.8667	49.542	0.6817	15.814
		القوة	0.192	0.0591	0.021	0.0055	−0.172
	انقلاب للخارج	الزمن	0.446	0.0699	0.230	0.0197	−0.217
		الازاحة	0.035	0.0134	0.064	0.0298	0.029
		السرعة	0.533	0.1294	0.350	0.0764	−0.183
		العجلة	0.090	0.0295	0.032	0.0053	−0.058
		الزاوية	26.545	2.1616	40.748	0.5146	14.202
		القوة	0.063	0.0407	0.032	0.0064	−0.031



شكل (٧) يوضح الفروق بين متوسطات القياسين البعدية والمحك الخارجى

يتضح من الجدول (٨) تقارب قيم المتغيرات البيوميكانيكية للقياس البعدى مع قيم المتغيرات البيوميكانيكية للمحك الخارجى في متغيرات (الزمن، السرعة، الازاحة، العجلة، القوة) وان فروق متوسطات القياسين البعدى والمحك الخارجى(لاعبين متميزين أصحاء) لايتعدى (١) الصحيح في معظم المتغيرات البيوميكانيكية وفى اجمالى الحركات الاربعة لمفصل الكاحل فكانت أقل قيمة فرق بين القياسين كانت (0.002 سم) لمتغير الازاحة للمفصل عند اداء حركة الانقلاب للداخل، واكبر قيمة فرق بين القياسين كانت (١,١٥ سم/ث٢) لمتغير العجلة للمفصل عند اداء حركة البسط الكامل، وهى فروق صغيرة غير دالة احصائيا يرجعها الباحثان الى فاعلية البرنامج التأهيلى المقترح.

أما عند ملاحظة قيم المتغير البيوميكانيكى (الزاوية) يتضح من خلال القياسين أن هناك فروق في درجة الزاوية بين القياس البعدى والمحك الخارجى في حركات مفصل الكاحل الاربع وان تلك الفرق هى (٣,٤° في حركة القبض، ٧,٦° في حركة البسط، ١٥° في حركة الانقلاب للداخل، ١٤° في حركة الانقلاب للخارج) لصالح المحك الخارجى وهم لاعبين مستويات عليا ويرجع الباحثان ذلك الى أن العينة المصابة قد تم شفائها من اصابات مفصل الكاحل ولكنها تحتاج لفترة من العلاج الطبيعى والتأهيل والتدريب للعودة الى المرونة العالية في مفصل الكاحل ومستوى اللاعبين المتميزين.

ويتفق ذلك مع **مدحت قاسم (٢٠١٨م)** في أن الهدف الرئيسي للتأهيل البدنى هو عودة الفرد إلى قدرته الحركية التي كان عليها قبل الإصابة وإنهاء فترة الراحة السلبية لتجنب الانقطاع عن التدريب لفترة طويلة أثناء مراحل العلاج المختلفة بحيث تبدأ برامج التأهيل في أقرب وقت وتسير جنباً إلى جنب مع العلاج لمنع أي تلف أو ضعف أو ضمور للعضلات او تصلب المفاصل والمحافظة على كفاءة الأجهزة الحيوية للجسم وذلك من خلال مساعدة اللاعب في تنمية وتطوير المرونة المفصلية والمطاطية العضلية في الأجزاء المصابة وزيادة القدرة على التحكم في القوة العضلية والأداء الحركى لها، مع عدم دون حدوث أي خلل وظيفى في الجزء المصاب مع العمل على الإرتفاع بمستوى درجة التوافق العضلى العصبي بصفة عامة والذاكرة الحركية، وتعويض اللاعب عما فقده من عناصر اللياقة طول فترة التأهيل حتى نتجنب التأثيرات السلبية للانقطاع عن التدريب وخاصة لو كانت فترة العلاج طويلة (١٨ : ٣١،٣٢)

ويتفق أيضاً **Gore, A, all**(٢٠٢١) مع **قيس هارون، محمد القضاة(٢٠٢٢م)** أن من أهداف التأهيل البدنى تخفيف الألم، إعادة المدى الحركى للمفصل(الزاوية)، تحسين القوة العضلية للمفصل(القوة)، تحسين سرعة عمل المفصل(السرعة) مع ملاحظة أن أي إصابة يتبعها نقص في المدى الحركى ويكون هذا النقص من تأثير الإصابة على أنسجة وخلايا المفصل من (٣-٦) أسابيع، حيث يحدث تغير فسيولوجى في هذه الأنسجة كما يحدث نقص في نسبة الماء والسوائل في المفصل مما يؤدى إلى قصور في الحركة أو التيبس بالمفصل. لذا لابد من البدء في التأهيل البدنى للمفصل من خلال برنامج تاهيلى مناسب لتخفيف الالم، واستعادة زاوية الاداء وسرعة وقوة العجلات العاملة على المفصل، وأن برامج التأهيل الحركى تهدف الى علاج الاصابات والعودة بالمفصل الى الحالة الطبيعية من مدى حركى وسرعة وقوة ويلى تلك البرامج مجموعة برامج تدريبية تهدف الى الوصول الى اداء المستويات العليا(٢١: ١٨) (١٦ : ١٠)

الاستخلاصات:

في حدود عينة البحث وطبقا للإجراءات المستخدمة في البحث، واستناداً إلى ما أظهرته نتائج البحث وفي ضوء هدف وفروض البحث توصل الباحثان إلي الاستخلاصات التالية:

١- تم التعرف على قيم المتغيرات البيوميكانيكية (الزمن، الازاحة، السرعة، العجلة، الزاوية، القوة) لحركات مفصل الكاحل(القبض، البسط، الانقلاب للداخل، الانقلاب للخارج) للاعبين المتميزين ذوى المستويات العليا فكانت قيم متوسطات السرعة لحركات مفصل الكاحل (القبض، البسط، الانقلاب للداخل، الانقلاب للخارج) على التوالى(0.092 م/ث، 0.6 م/ث، ٠,٠٣٥ م/ث، ٠,٣٥٠ م/ث)، وكانت قيم متوسطات الزاوية لحركات مفصل الكاحل (القبض، البسط، الانقلاب للداخل، الانقلاب للخارج) على التوالى(١٨°، ٤٢°، ٥٠°، ٤١°)، وكانت قيم متوسطات القوة على التوالى كانت (٠,٢٧٦ N، ٠,٦١٨ N، ٠,٠٢١ N، ٠,٠٣٢ N).

٢- الرياضيين يتمتعون بمفاصل ذات مدى حركى واسع (زاوية مفصل)، وسرعة وعجلة وقوة أكبر للعضلات نتيجة للتدريب على العكس من ذلك الأشخاص غير الرياضيين، وأن هناك ارتباط بين مرونة المفصل وقدرة الألياف العضلية والأربطة والأوتار على الاستطالة، وأن التمارين التي تركز على تطوير المدى الحركى لها تأثيراً إيجابيا على الأربطة والأوتار والعضلات المحيطة بالمفصل.

٣- التوصل الى بناء واختيار وتقنيين ووضع مجموعة من التدريبات النوعية المبنية على أسس بيوميكانيكية بناء على التصوير والتحليل البيوميكانيكى للمتغيرات البيوميكانيكية المختارة لحركات مفصل الكاحل لمجموعة ذات مستوى رياضى عالى.

٤- تم تصميم وبناء برنامج الكترونى مقترح لتأهيل إصابات مفصل الكاحل يقوم بتوفير برنامج تدريبي للمصاب بناء على نوع ودرجة شدة الاصابة لمفصل الكاحل.

٥- تم التأكد من فاعلية البرنامج الإلكترونى المقترح بوجود فروق ذات دالة إحصائياً بين القياسين القبلي والبعدى في جميع قيم المتغيرات البيوميكانيكية لحركات مفصل الكاحل (القبض، البسط، الانقلاب للداخل، الانقلاب للخارج) لصالح القياس البعدى، فكانت قيم (ت) تتراوح بين (١٤,٥*) في متغير القوة لحركة القبض لمفصل الكاحل و(١,٤*) في متغير القوة لحركة الانقلاب للخارج لمفصل الكاحل.

٦- وجود فروق في نسب التحسن بين متوسطات القياسين القبلى والبعدى للمجموعة التجريبية لصالح القياس البعدى فكانت نسب التحسن تتراوح بين(١٩٥%) نسبة تحسن في متغير

العجلة لحركة البسط لمفصل الكاحل و(١٤%) نسبة تحسن في متغير الزاوية لحركة الانقلاب للخارج لمفصل الكاحل.

٧- تقارب قيم المتغيرات البيوميكانيكية للقياس البعدى مع قيم المتغيرات البيوميكانيكية للمحك الخارجى في متغيرات (الزمن، السرعة، الازاحة، العجلة، القوة) وان فروق متوسطات القياسين البعدى والمحك الخارجى(لاعبين متميزين أصحاء) لايتعدى (١) الصحيح في معظم المتغيرات البيوميكانيكية وفى اجمالى الحركات الاربعة لمفصل الكاحل فكانت أقل قيمة فرق بين القياسين كانت (0.002 سم) لمتغير الازاحة للمفصل عند اداء حركة الانقلاب للداخل، واكبر قيمة فرق بين القياسين كانت (١,١٥ سم/ث٢) لمتغير العجلة للمفصل عند اداء حركة البسط الكامل لمفصل الكاحل.

التوصيات:

في ضوء ما أظهرته نتائج البحث وما تم استخلاصه من تلك النتائج، يوصي الباحثان بما يلي:

١- إستخدام البرنامج الالكترونى المقترح لتأهيل إصابات مفصل الكاحل لتوفير برنامج تدريبي للمصاب بناء على نوع ودرجة شدة الاصابة لمفصل الكاحل.

٢- بعد الانتهاء من برامج التأهيل الحركى للاصابات الرياضية يتم الالتحاق ببرامج تدريبية لزيادة مرونة وسرعة وقوة العضلات والاربطة المحيطة للمفصل وذلك لان الرياضيين يتمتعون بمفاصل ذات مدى حركى واسع (زاوية مفصل)، وسرعة وعجلة وقوة أكبر للعضلات نتيجة للتدريب على عكس الأشخاص غير الرياضيين وان برامج التأهيل للاصابات الرياضية تقوم باعادة المصاب الى مستوى الاصحاء ويحتاج الى برامج تدريبية للعودة الى مستوى البطولة والمنافسة.

٣- تقنيين التدريبات والتمارين الرياضية بيوميكانيكا قبل استخدامها في برامج التاهيل للاصابات الرياضية.

٤- استخدام التصوير والتحليل البيوميكانيكى في قياس المدى الحركى لمفاصل الجسم المختلفة، وقياس المتغيرات البيوميكانيكية لحركات الجسم البشرى لإعطاء نتائج أكثر دقة ومصداقية للتعرف على تأثير البرامج التدريبية والتأهيلية للاصابات الرياضية.

٥- التوسع في استخدام التكنولوجيا الحديثة في المجال الرياضى كإستحداث برامج الكترونية لتأهيل الإصابات الرياضية، القياس والتقييم والتقويم البيوميكانيكى لإستخراج النتائج بصورة عالية من الدقة والجودة.

((المراجـــــــــــع))

أولاً: المراجع العربية

١- **أحمد عاطف الشلقامى:** برنامج تمرينات تأهيلية مقترح باستخدام تمرينات السلسلة الحركية المفتوحة والمغلقة لإصابة تمزق الرباط الخارجى لمفصل الكاحل، رسالة دكتوراه،المجلة العلمية لعلوم التربية البدنية والرياضة، كلية التربية الرياضية، جامعة المنصورة، ٢٠١٧ م.

٢- **أحمد عاطف الشلقامى، أحمد محمد جاب الله:** برنامج تأهيلي مع تناول المكمل الغذائي الكولاجني وفيتامين (C) لسرعة الاستشفاء من التواء مفصل الكاحل المتكرر للاعبي كرة القدم"، العدد (١٠)، الجزء الأول، المجلة العلمية لعلوم الرياضة، كلية التربية الرياضية، جامعة كفر الشيخ، ٢٠٢٣م.

٣- **أحمد عاطف محمد:** تأثير برنامج تأهيلى بدلالة المدى الحركى والنشاط الكهربائي للعضلات لدى الرياضيين المصابين بإلتواء الكاحل، رسالة دكتوراة غير منشورة، كلية التربية الرياضة جامعة المنصورة، ٢٠٢٤م.

٤- **أحمد فاضل فرحان:** "تأثير برنامج تمرينات توازن تأهيلية على إصابة التواء الكاحل للرباط الوحشي والأنسي لدى لاعبين كرة القدم للشباب في نادي الناصرية الرياضي"، المجلد (١٥)، العدد (٥)، مجلة علوم التربية الرياضية، كلية التربية الرياضية، جامعة بابل، العراق، ٢٠٢٢م.

٥- **أحمد محمد سيد، أدهم عبدالرؤف الشرقاوى، محمد أحمد الحمادى:** "برنامج وقائي للمصابين بقطع الرباط المتصالب الامامي لتحسين القوة العضلية بعد اعادة البناء للوقاية من عودة الإصابة"، المجلد (٤٥)، العدد (٤٥)، المجلة العلمية للبحوث والدراسات في التربية الرياضية، كلية التربية الرياضية للبنين والبنات، جامعة بورسعيد، ٢٠٢٣م.

٦- **السيد منير عطا:** فاعلية برنامج وقائي مقترح لإصابات مفصل الركبة وفق بعض المؤشرات البيوميكانيكية للاعبي الكرة الطائرة، جامعة حلوان كلية التربيه الرياضيه بنات.٢٠١١ م.

٧- **أمال جابر شرارة:** مبادئ الميكانيكا الحيوية وتطبيقاتها في المجال الرياضي ؛ مجلة ماهي للنشر والتوزيع؛ كلية التربية الرياضيه بنين؛ جامعة الاسكندرية.٢٠١٣ م

٨- **إيهاب محمد عماد الدين:** أطلس تشريح عظام الجسم البشري، ط١، مؤسسة عالم الرياضة للنشر ودار الوفاء لدنيا الطباعة، الاسكندرية، ٢٠١٧م.

٩- **إيهاب محمد عماد الدين:** فعالية برنامج تأهيلي لتحسين المتغيرات الأيزوكينتيكية والبدنية والقوامية المرتبطة بتفلطح القدمين لطلاب المرحلة الثانوية"، العدد ٥٨، الجزء الأول، مجلة أسيوط لعلوم وفنون التربية الرياضية، كلية التربية الرياضية، جامعة أسيوط، ٢٠٢١م.

١٠- **تامر صابر محمد:** بناء نظام خبير على أساس بيوميكانيكى لتقويم الأداء الحركي لمسابقة الوثب الثلاثي، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية الرياضية جامعة المنصورة، ٢٠١٥م.

١١- **جمال صبرى فرج، على حسن عليوي:** أثر تمرينات بالأشرطة اللاصقة بمصاحبة التدليك فى تأهيل إصابة التمزق الجزئي لأربطة الكاحل للرياضيين"، مجلة علوم التربية الرياضية، المجلد ١٣، العدد ٦، جامعة بابل، العراق، ٢٠٢٠م.

١٢- **حاجم شانى وأخرون:** دراسة مقارنة لبعض المتغيرات البيوكينماتيكية للرمية الحرة بين الفرق المشاركة فى بطولة غرب اسيا بكرة السلة، مجلة دراسات وبحوث التربية الرياضية، ع التاسع عشر، جامعة البصرة، العراق، ٢٠٠٦

١٣- **عبد الرحمن العنقري، محمد ضيف:** الميكانيكا الحيوية في الرياضة والنشاط البدني مترجم عن بيتر ماكجينيس، الرياض، المملكة العربية السعودية، ط١، ,٢٠١٦

١٤- **قاسم حسن حسين، ايمان شاكر:** الأسس الميكانيكية والتحليلية والفنيه فى فعاليات الميدان والمضمار، ط١ عمان، دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع، ٢٠٠٠.

١٥- **قاسم حسن كاظم، غسق طاهر حبيب، السيد على صالح:** أثر تمرينات القوة والمرونة الخاصة باستخدام أجهزة الحديد والأدوات للوقاية من إصابات مفصل الكاحل للاعبى كرة اليد المتقدمين"، العدد (٣٦)، المجلة الأوروبية لتكنولوجيا علوم الرياضة، الاكاديمية الدولية لتكنولوجيا الرياضة، ٢٠٢١م.

١٦- **قيس عبدالله هارون، محمد خالد القضاة:** "أثر برنامج تاهيلى مقترح على التهاب أوتار الكفة المدورة لدى لاعبى منتخبات بعض الألعاب القتالية في الأردن"، رسالة ماجستير، كلية الدراسات العليا، جامعة مؤتة، الأردن، ٢٠٢٢م

١٧- **محمد سعد إسماعيل، أمنية سيد عيسى، محمد حسن عبدالعزيز:** تأثير برنامج وقائي باستخدام تدريبات التوازن على الحد من إصابات مفصل الكاحل لدى ناشئات كرة اليد"، المجلد (٢٧)، العدد (١١)، المجلة العلمية للتربية البدنية وعلوم الرياضة، كلية التربية الرياضية للبنين، جامعة بنها، ٢٠٢١م.

١٨- **مدحت قاسم عبدالرازق:** التأهيل الحركى للإصابات – برامج عملية رياضية، الطبعة الأولى، دار الفكر العربي، القاهرة، ٢٠١٨م.

١٩- **نسرين فهد الشوابكه:** "أثر برنامج علاجى تأهيلى ونفسي لإصابة مفصل الكاحل لدى لاعبي التنس"، رسالة ماجستير، كلية التربية الرياضية، جامعة اليرموك، الأردن، ٢٠١٩م.

ثانياً: المراجع الأجنبية

20- Fei Zhao: The Application of Sports Biomechanics in Sports Injury Prevention and Rehabilitation . Frontiers in Sport Research. ISSN 2618-1576 Vol. 6, Issue 3: 142-147, DOI: 10.25236/FSR.2024.060320. Published by Francis Academic Press, UK. 2024.

21- Gore, A. Franklyn-Miller, C. Richter, E. King, E.C. Falvey, K. Moran: Corrigendum to ‘‘The effects of rehabilitation on the biomechanics of patients with athletic groin pain. Journal of Biomechanics. journal homepage: www.elsevier.com/locate/jbiomech www.JBiomech.com. Journal of Biomechanics 115 (2021) 110128.

22- Ibrahim Hamed Ibrahim Hassan, Mohammed : "Common Injuries in Racket Sports A Mini, Review", Faculty of Physical Education Zagazig University, 44519, Zagazig, Egypt, 2018

23- Jesse Ryan Bethke, M. S: "Biomechanical Analysis of the Lower Extremities during Cutting Maneuvers with and without an Ankle Brace”, Master of Science in Kinesiology, University of Texas at Austin, December 2017.

24- **Kaitlyn Weiss, Chris Whatman:** Biomechanics Associated with Patellofemoral Pain and ACL Injuries in Sports. Springer International Publishing Switzerland 2015. Published online: 1 July 2015.DOI 10.1007/s40279-015-0353-

25- **Young-Jun Park, Yeong-Hyun Cho, Tae-Beom Seo:** "Effect of two difference exercise on balance, pain and ankle motor function in male college students with chronic ankle instability". Journal of Men's Health. 2023; 19(2): 51-57. Doi: 10.22514/jomh.2023.009, 2023.