Sports Culture 16 (2) (2025) 699-710

http://doi.org/10.25130/sc.25.2.43

Sports Culture

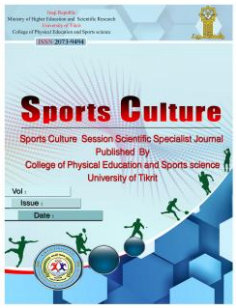
IRAQI Academic Scientific Journals

العراقية المجلات الاكاديمية العلمية

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

ISSN: 2073 – 9494

E-ISSN: 2664 - 0988



The Effect of a Multimodal Rehabilitation Program on Restoring Muscular Strength of the Injured Leg After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Athletes

Ali Maseer Yassin[1]

College of Physical Education and Sports Sciences – Baghdad University – Baghdad – Iraq

Articleinfo.

Article history:
-Received: 1/12/2025
-Accepted: 28/12/2025
-Available online: 31/12/2025

Keywords:

- Reconstruction
- Rehabilitation
- Strength
- Athletes
- Function

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

Abstract

This study aims to determine the effect of a multimodal rehabilitation program on restoring muscular strength in the injured leg of athletes following anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction surgery. The researcher employed an experimental method using a pretest–posttest design on a sample of five athletes who had undergone the surgery and were rehabilitated according to a program lasting sixteen weeks. The program progressed through four phases that included electrical stimulation, aquatic training, closed kinetic chain exercises, and functional strength training. Muscular strength was measured using a dynamometer. The results revealed a substantial and statistically significant improvement between the measurements, confirming the effectiveness of the multimodal program in enhancing muscular strength beyond what is achieved through natural recovery or traditional rehabilitation programs. The study concludes that progressive, multimodal rehabilitation represents an effective option for restoring functional capacity after ACL surgery and recommends its adoption in sports rehabilitation centers.

Sports Culture s ports Culture Sports Culture Sports Culture Sports Culture

[1]**Corresponding author**: ali.mseer@cope.uobaghdad.edu.iq College of Physical Education and Sports Sciences – Baghdad University – Baghdad – Iraq

Sports Culture 16 (2) (2025) 699-710

http://doi.org/10.25130/sc.25.2.43

تأثير برنامج تأهيلي متعدد الوسائط في استعادة القوة العضلية للرجل المصابة بعد جراحة إعادة بناء الرباط الصليبي الأمامي لدى الرياضيين

تاريخ البحث
- متوفر على الانترنت
2025/12/31

أ.م.د علي مسير ياسين
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة – جامعة بغداد – بغداد – العراق

الكلمات المفتاحية
- إعادة البناء
- التأهيل
- القوة، الرياضيون
- الوظيفة

الخلاصة:

يهدف هذا البحث إلى تحديد أثر برنامج تأهيلي متعدد الوسائط في استعادة القوة العضلية للرجل المصابة لدى الرياضيين بعد جراحة إعادة بناء الرباط الصليبي الأمامي. استخدم الباحث المنهج التجريبي بتصميم القياسين القبلي والبعدي لعينة مكونة من خمسة رياضيين خضعوا للجراحة وتم تأهيلهم وفق برنامج امتد لستة عشر أسبوعا، تدرج عبر أربع مراحل شملت التحفيز الكهربائي، والتدريب المائي، وتمارين السلسلة المغلقة، وتدريبات القوة الوظيفية. تم قياس القوة العضلية باستخدام جهاز الديناموميتر، وأظهرت النتائج وجود تحسن كبير وذا دلالة إحصائية بين القياسات، بما يؤكد فعالية البرنامج متعدد الوسائط في رفع القوة العضلية بصورة تفوق ما يتحقق بالشفاء الطبيعي أو البرامج التقليدية. ويستنتج البحث أن التأهيل المتدرج والمتعدد الأساليب يعد خيارا فعالًا لاستعادة القدرة الحركية بعد جراحة الرباط الصليبي، ويوصي باعتماده في مراكز التأهيل الرياضي.

1 - التعريف بالبحث:

المقدمة واهمية البحث:

يعد الرباط الصليبي الأمامي أحد أهم المكوّنات البنيوية المسؤولة عن ثبات مفصل الركبة أثناء الأداء الحركي، ولاسيما لدى الرياضيين الذين يعتمدون على السرعة، وتغير الاتجاه، والقوة الانفجارية في إنجاز مهاراتهم. وتشير الإحصائيات الطبية إلى أن إصابات الرباط الصليبي الأمامي تعد من أكثر الإصابات شيوعا في المجال الرياضي، إذ تتطلب في كثير من الحالات إجراء عملية إعادة بناء جراحية تليها فترة تأهيل طويلة تهدف إلى استعادة الوظائف الحركية والعضلية للمفصل المصاب.

وعلى الرغم من التطور الجراحي في تقنيات إعادة بناء الرباط الصليبي، فإن التحدي الأكبر لا يزال متمثلاً في مرحلة ما بعد الجراحة، حيث يعاني المصابون من ضعف ملحوظ في القوة العضلية للساق المصابة، نتيجة الضمور العضلي، وفقدان السيطرة العصبية العضلية، وانخفاض مستوى التحميل الميكانيكي خلال الأسابيع الأولى بعد العملية (شهاب، 2019). ويعد هذا الضعف من أهم العوامل التي تؤخر عودة الرياضي إلى المشاركة التنافسية، أو تزيد من احتمالية التعرض لإصابة جديدة، خصوصا إذا لم تتم معالجة العوامل الحركية والعضلية المصاحبة للجراحة بصورة متكاملة.

وقد أثبتت العديد من الدراسات العربية أن الاعتماد على أسلوب تأهيلي أحادي المكون كالعلاج الحركي فقط أو التحفيز الكهربائي فقط لم يعد كافيا لتحقيق الاستشفاء الأمثل للأنسجة العضلية بعد الجراحة، الأمر الذي أدى إلى توجه علمي نحو استخدام برامج تأهيل متعددة الوسائط تجمع بين التحفيز العصبي العضلي، والتدريب المائي، وتمارين القوة التدريجية، بهدف تسريع استعادة القوة الوظيفية والقدرة الحركية (السعيد، 2020). وتدعم هذه الرؤية دراسات تطبيقية أظهرت أن الدمج بين أكثر من وسيلة تأهيلية يسهم في

تحسين قوة العضلات المحيطة بالركبة، وتقليل الفاقد الوظيفي بين مرحلة العلاج الطبي ومرحلة العودة للنشاط الرياضي (Al Muimin, 2008).

وفي هذا السياق، أكد (ياسين 2016) أن تدريب القوة المطلقة يعد أحد المكونات الأساسية في تأهيل إصابات الركبة، إذ أظهر في دراسته على لاعبي المواي تاي أن العمل التدريجي على زيادة القوة العضلية يسهم بفاعلية في استعادة الأداء الحركي والقوة الخاصة بعد الإصابة، وهو ما يعزز أهمية البرامج التأهيلية التي تعتمد على الدمج بين القوة، والتحفيز العصبي، والتدريب الوظيفي.

ورغم تزايد الدراسات التي تناولت التأهيل بعد الرباط الصليبي، إلا أن عددا محدودا منها تناول تأثير البرامج المتسارعة متعددة الوسائط على القوة العضلية بوصفها متغيرا مستقلا ومباشرا، خصوصا لدى الرياضيين الذين يسعون للعودة إلى مستوى الأداء ما قبل الإصابة. ومن هنا تبرز أهمية هذا البحث في تقديم نموذج تأهيلي عملي مبني على دمج وسائل مختلفة في آن واحد، وقياس أثره بصورة كمية على استعادة القوة العضلية للرجل المصابة بعد جراحة إعادة بناء الرباط الصليبي الأمامي.

مشكلة البحث

على الرغم من التطور الحاصل في التقنيات الجراحية لإعادة بناء الرباط الصليبي الأمامي، لا يزال عدد كبير من الرياضيين يظهرون ضعفا ملحوظا في القوة العضلية للساق المصابة بعد الجراحة، وهو ما يؤدي إلى تأخر عودتهم للنشاط الرياضي أو زيادة احتمالية التعرض لإصابة جديدة. وترجع هذه المشكلة إلى اعتماد العديد من برامج التأهيل على أسلوب تدريبي أحادي المكون، لا يلبّي الاحتياجات الوظيفية الكاملة لاستعادة القوة العضلية والتحكم العصبي العضلي بعد الجراحة.

ومع تزايد المؤشرات العلمية التي تدعم فاعلية الدمج بين أكثر من وسيلة تأهيلية داخل برنامج واحد، تظهر الحاجة إلى التحقق علميا من مدى قدرة البرامج التأهيلية متعددة الوسائط على تسريع استعادة القوة العضلية الوظيفية، مقارنة بالأساليب العلاجية التقليدية، ولا سيما لدى الرياضيين الذين تتطلب عودتهم للنشاط التنافسي أعلى درجات القوة والسيطرة الحركية.

وتتمثل مشكلة البحث في التساؤل الآتي: هل يسهم برنامج تأهيلي متعدد الوسائط في استعادة القوة العضلية للرجل المصابة بعد جراحة إعادة بناء الرباط الصليبي الأمامي لدى الرياضيين بصورة أفضل من الأساليب التأهيلية التقليدية؟

أهداف البحث

يهدف البحث إلى:

1. إعداد برنامج تأهيلي متعدد الوسائط لاستعادة القوة العضلية بعد جراحة إعادة بناء الرباط الصليبي الأمامي لدى الرياضيين.
2. التعرف على تأثير هذا البرنامج في تطوير القوة العضلية للرجل المصابة بعد الجراحة.
3. مقارنة نتائج القوة العضلية بين القياسين القبلي والبعدي للتحقق من فعالية البرنامج.

فرض البحث

يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين نتائج القياس القبلي والبعدي في القوة العضلية للرجل المصابة لدى أفراد العينة بعد تطبيق البرنامج التأهيلي متعدد الوسائط، ولصالح القياس البعدي.

تحديد المصطلحات

الرباط الصليبي الأمامي : يعد أحد أهم الأربطة المسؤولة عن تثبيت مفصل الركبة ومنع الانزلاق الأمامي لعظم الساق بالنسبة لعظم الفخذ، ويعد أكثر الأربطة عرضة للإصابة لدى الرياضيين (الخالدي، 2022).

منهج البحث

اعتمد الباحث المنهج التجريبي بوصفه أنسب المناهج العلمية لدراسة تأثير المتغيرات، نظرا لملاءمته لطبيعة البحث الذي يستهدف معرفة تأثير برنامج تأهيلي متعدد الوسائط في استعادة القوة العضلية للرجل المصابة بعد جراحة إعادة بناء الرباط الصليبي الأمامي. وقد تم استخدام التصميم التجريبي ذي القياسين : القبلي والبعدي لعينة واحدة، وذلك بهدف مقارنة التغير الحاصل في القوة العضلية قبل تطبيق البرنامج التأهيلي وبعده.

مجتمع البحث وعينته

حدد الباحث مجتمع البحث إجرائيًا بالمصابين بقطع كامل في الرباط الصليبي الأمامي لمفصل الركبة، الذين خضعوا لعملية إعادة بناء جراحية خلال المدة الممتدة من (2023/10/1) ولغاية (2024/8/15) في مراكز طبية معتمدة داخل محافظة بغداد. وتم اعتماد سجلات أطباء العظام وإصابات الملاعب، بالإضافة إلى مراكز التأهيل الحركي والعلاج الطبيعي، للتعرف على الرياضيين الذين تنطبق عليهم شروط البحث.

ونظرًا لاختلاف مواعيد العمليات الجراحية وصعوبة جمع المصابين في توقيت واحد، استخدم الباحث العينة العمدية ، حيث تم اختيار جميع الأفراد الذين ينطبق عليهم شرط الإصابة الكاملة بالرباط الصليبي الأمامي، وبلغ عددهم (5) رياضيين من الذكور، تتراوح أعمارهم بين (19–24) سنة، ويمارسون نشاطا

رياضيا منظما قبل الإصابة. وقد شخصت حالاتهم من قبل أطباء مختصين، وتُعد إصاباتهم من الدرجة الثالثة ، وأُجريت لهم عمليات إعادة البناء الجراحي في مراكز متخصصة داخل بغداد.

وقد تم تنفيذ البرنامج التأهيلي معهم بشكل فردي، مع توحيد مراحل التدريب بحسب المدة الزمنية بعد العملية الجراحية، لضمان دقة القياس ومصداقية النتائج عند المقارنة بين القياسين القبلي والبعدي.

الاختبار المستخدم

قياس قوة العضلات العاملة على مفصل الركبة (الساق المصابة)

- الهـــدف من القـــياس: قياس القوة العضلية القصوى للعضلات الرباعية العاملة على مفصل الركبة في الساق المصابة بعد جراحة إعادة بناء الرباط الصليبي الأمامي.
- الأدوات والأجهزة المستخدمة: جهاز ديناموميتر ، كرسي تثبيت، أحزمة ربط للفخذ والساق، استمارة تسجيل النتائج.
- إجـــــراءات القـــــياس:يجلس المفحوص على الكرسي بوضع ثني ركبة ثابت بزاوية (90° أو وفق دليل الجهاز)، مع استقامة الظهر وتثبيت الفخذ بحزام داعم، ثم يثبت الطرف السفلي عند مفصل الكاحل إلى ذراع القياس الخاصة بالجهاز. يطلب من المفحوص مد الساق المصابة إلى الأمام بأقصى قوة ممكنة دون ألم حاد، وتنفذ (3) محاولات فعلية بعد محاولات تمهيدية للتعلم، مع فترة راحة بينية (60–90 ثانية) بين المحاولات.
- التسجـــــــيل: تعتمد أعلى قيمة تظهر على شاشة الجهاز من بين المحاولات الثلاث، بوحدة قياس الكيلوغرام (كغم)، وتعد هي القيمة المعتمدة في التحليل الإحصائي (قبلي–بعدي).

التجربة الاستطلاعية

أجرى الباحث تجربة استطلاعية قبل التطبيق الرئيسي على مفحوصين من خارج عينة البحث بهدف التأكد من صلاحية إجراءات القياس، ومعايرة جهاز الديناموميتر، وتثبيت زاوية المفصل، وعدد المحاولات، وفترة الراحة بين القياسات، وكذلك تدريب المساعدين على إجراءات التثبيت والتسجيل. أظهرت التجربة أن أنسب وضع للقياس هو زاوية ركبة (90°)، مع اعتماد ثلاث محاولات قياس فعلية لكل مفحوص يفصل بينها (60–90) ثانية، واختيار أعلى قيمة (كغم) للتسجيل. كما أثبتت التجربة ملاءمة وقت الجلسة وإجراءات الإحماء، وعدم وجود صعوبات فنية أو تنظيمية، وبذلك عد البروتوكول جاهزا للتطبيق النهائي على عينة البحث الأساسية.

الاختبارات القبلية

أجرى الباحث الاختبار القبلي لقياس القوة العضلية للرجل المصابة باستخدام جهاز الديناموميتر، وذلك بعد حصول المشاركين على الموافقة الطبية وعدم وجود ألم أو تورم يمنع أداء القياس. تم تنفيذ الاختبار وفق البروتوكول المعتمد في التجربة الاستطلاعية، والذي يتضمن زاوية ركبة (90°)، وثلاث محاولات قياس فعلية لكل مفحوص، مع راحة (60–90) ثانية بين المحاولات، واعتماد أعلى قيمة مسجّلة بوحدة (كغم). ويعد هذا القياس الأساس الذي ستقارن به نتائج الاختبار البعدي لبيان تأثير البرنامج التأهيلي.

التجربة الرئيسة

اعتمد الباحث في تنفيذ التجربة الرئيسة على التصميم التجريبي ذي القياسين القبلي والبعدي لعينة واحدة، بهدف تحديد مقدار التغيّر في القوة العضلية للرجل المصابة بعد تطبيق البرنامج التأهيلي متعدد الوسائط. وقد نفذت التجربة داخل مركز متخصص في التأهيل الحركي بإشراف طبي مباشر، ضمانا لسلامة المشاركين ودقة القياسات. بدأت التجربة بإجراء الاختبار القبلي بعد انتهاء المدة الطبية اللازمة لالتئام الأنسجة الأولية ما بعد الجراحة، وذلك وفق الشروط التي تسمح بقياس القوة العضلية دون إحداث إجهاد أو ألم في مفصل الركبة. وتم اعتماد جهاز الديناموميتر لقياس القوة القصوى للعضلات الرباعية عند زاوية ثابتة مقدارها (90) درجة، حيث تم تثبيت الجذع والحوض والساق المصابة بأحزمة خاصة لمنع التعويض الحركي، مع تسجيل أعلى قيمة للقوة ضمن ثلاث محاولات متتالية، يفصل بينها زمن راحة كافٍ لمنع التعب العضلي اللحظي.

بعد الانتهاء من القياسات القبلية، طبق البرنامج التأهيلي على جميع مفردات العينة لمدة (16) أسبوعا متتالية، بواقع أربع وحدات تدريبية أسبوعيا داخل القاعة، مع إدخال تدريبات الوسط المائي تدريجيا ابتداء من الأسبوع الرابع، وبإشراف فريق علاج وتأهيل متخصص. وقد روعي في التطبيق التزامن الزمني بين مراحل البرنامج لجميع المشاركين رغم اختلاف تواريخ العمليات الجراحية، وذلك بالاعتماد على العمر الزمني للإصلاح الجراحي وليس التاريخ التقويمي.

شهد الأسبوع الثامن تنفيذ الاختبار البيني بهدف متابعة تطور القوة العضلية وتعديل الشدة العلاجية عند الضرورة، ثم استمر تطبيق بقية وحدات البرنامج حتى إكمال الفترة المقررة. وبعد انتهاء مدة التأهيل، أُعيد الاختبار البعدي بنفس الجهاز، والزاوية، والإجراءات، ونوع التثبيت، لضمان ثبات القياس وعدم دخول أي متغيّر خارجي قد يؤثر في النتائج. وقد خصصت جميع البيانات المسجلة للتحليل الإحصائي من أجل مقارنة القياسين القبلي والبعدي والتحقق من دلالة التغير الناتج عن البرنامج التأهيلي.

البرنامج التأهيلي

تم بناء البرنامج التأهيلي وفق منهجية متدرجة تتوافق مع المراحل الطبية المعتمدة لتأهيل المصابين بعد جراحة إعادة بناء الرباط الصليبي الأمامي، مع مراعاة الفروق الفردية بين المشاركين، والتزام التدرج الآمن في الحمل التدريبي، بهدف استعادة القوة العضلية الوظيفية للرجل المصابة. وامتد تطبيق البرنامج لمدة ستة عشر أسبوعا متتالية، قسمت إلى أربع مراحل متتابعة، بحيث ترتبط كل مرحلة بهدف وظيفي محدد، وتنتقل العينة من مرحلة إلى أخرى بعد استيفاء المعايير السريرية والحركية اللازمة، وليس اعتماداً على الزمن فقط، ضمانا لسلامة المفصل وعدم تعريض الأنسجة المتجددة للتحميل المبكر.

بدأت المرحلة الأولى مباشرة بعد التأكد من التئام الجرح الجراحي، وركزت هذه المرحلة على السيطرة على الألم والانتفاخ، واستعادة المد الكامل للركبة، وتنشيط العضلات الرباعية بطريقة غير مؤلمة عبر تمارين انقباض ثابت، إلى جانب استخدام جهاز التحفيز الكهربائي العصبي العضلي (NMES) بتردد متوسط، لزيادة الاستجابة العضلية وتقليل الضمور الناتج عن التثبيت المبكر. كما شرع في التحميل التدريجي للوزن على الطرف المصاب باستخدام العكازات، وفق نسبة تبدأ من 50% وصولاً إلى التحميل الجزئي الكامل عند تحسّن السيطرة الحركية. وشُملت المرحلة بتمارين المدى الحركي السلبي والإيجابي الخفيف، مع تدريب مبكر على المشي داخل غرفة العلاج الميكانيكي دون تحميل كامل على المفصل.

أما المرحلة الثانية، الممتدة تقريبا من الأسبوع الثالث إلى السادس، فقد هدفت إلى استعادة المدى الحركي الكامل، وتفعيل العضلات الحركية الرئيسية حول المفصل، والانتقال من الانقباضات الثابتة إلى الانقباضات الحركية، مع الاعتماد على تمارين السلسلة الحركية المغلقة بدرجات محدودة من الثني لا تتجاوز 60 درجة لحماية الرباط المزروع. كما تمت إضافة تدريبات التوازن الثابت، والتدرج في مقاومات المطاط الخفيفة، إلى جانب إدخال تدريبات الوسط المائي التي ساعدت في تنفيذ حركات أكثر اتساعا دون إجهاد ميكانيكي مرتفع على المفصل بفضل خاصية الطفو، مع الإبقاء على جهاز التحفيز الكهربائي بصورة مساندة. وقد اعتمد الباحث على المشي داخل الماء والتدرّج في سرعة السير على الأجهزة، بما يتوافق مع قدرة كل مشارك على تثبيت الركبة أثناء الحركة.

وانتقلت العينة بعد ذلك إلى المرحلة الثالثة، التي امتدت تقريبا من الأسبوع السادس إلى الثاني عشر، وتركزت على تنمية القوة العضلية بصورة فعلية باستخدام أدوات وأجهزة مقاومة مختلفة، مع زيادة نطاق الحركة في تمارين السلسلة المغلقة، وإدخال التمارين الوظيفية المرتبطة بالأنشطة الرياضية، مع الجمع بين تدريبات القوة والتحكم العصبي العضلي في بيئات مختلفة، كالوقوف على أسطح غير ثابتة أو أداء حركة اندفاع أمامي وجانبي ببطء متحكم فيه. كما جرى الانتقال من التدريب في الماء إلى التدريب الأرضي، ورفع شدة الحمل تدريجيًا وفق استجابة المفصل وعدم ظهور الألم أو التورم، إلى جانب إدخال المشي السريع، صعود الدرج الرياضي، وتمارين الدراجة الثابتة بزوايا تتجاوز 100 درجة من الثني.

أما المرحلة الأخيرة، الممتدة من الأسبوع الثاني عشر وحتى السادس عشر، فقد هدفت إلى الوصول إلى التماثل العضلي بين الطرف المصاب والسليم بنسبة لا تقل عن 90%، وإعادة بناء القدرات الحركية المتقدمة كالتسارع، تغيير الاتجاه، الهبوط الآمن من القفز، والتهيئة لمتطلبات الأداء الرياضي الكامل. وتضمنت هذه المرحلة تدريبات قوة عالية نسبيًا، وتدريبات توازن ديناميكي، وبدء الركض الخفيف خارج الماء، ثم إدخال التمارين المركبة (قوة + سرعة + توازن) تحت مراقبة مختصين، مع ضمان عدم وجود ألم أو ارتداد وظيفي في المفصل، وصولاً إلى الجاهزية الحركية للعودة الآمنة إلى النشاط الرياضي.

وقد خضع المشاركون لاختبار بعدي مطابق تمامًا للاختبار القبلي من حيث الجهاز، الزاوية، طريقة التثبيت، وعدد المحاولات، وذلك لضمان ثبات القياس وإمكانية المقارنة العلمية الدقيقة بين النتائج قبل تطبيق البرنامج وبعده، وهو ما سمح بتحليل أثر البرنامج التأهيلي بصورة إحصائية موضوعية.

الاختبارات البعدية

أجرى الباحث الاختبار البعدي لقياس القوة العضلية للرجل المصابة باستخدام جهاز الديناموميتر وبنفس الشروط والإجراءات المعتمدة في الاختبار القبلي، وذلك لضمان ثبات القياس وإمكانية المقارنة الموضوعية بين القيم قبل التطبيق التأهيلي وبعده. تم إجراء الاختبار بعد انتهاء المدة الكاملة للبرنامج التأهيلي، وبعد التأكد طبيًا من قدرة المشاركين على أداء الاختبار دون ألم أو تورم أو تقييد حركي. ونفذ القياس عند زاوية ركبة ثابتة مقدارها (90°)، وبثلاث محاولات متتالية يفصل بينها زمن راحة يتراوح بين (60–90) ثانية، مع اعتماد أعلى قيمة مسجلة بوحدة (كغم)، بهدف تحديد مقدار التحسن الناتج مباشرة عن البرنامج التأهيلي متعدد الوسائط

النتائج

جدول (1) (قوة الرجل المصابة قبل – أثناء – بعد التأهيل)

المرحلة الزمنية للاختبار	الوسط الحسابي (كغم)	الانحراف المعياري	قيمة F المحسوبة	Sig	نوع الفروق
الاختبار القبلي	2.400	0.810	1987.362	0.000	معنوية
الاختبار البيني	32.900	2.040			
الاختبار البعدي	46.200	1.620			

Sports Culture 16 (2) (2025) 699-710
http://doi.org/10.25130/sc.25.2.43

تُظهر نتائج الجدول (1) وجود تحسن متدرج وملحوظ في متوسط القوة العضلية للرجل المصابة عبر القياسات الثلاثة، إذ بلغ المتوسط في الاختبار القبلي (2.4 كغم)، وهو مستوى منخفض متوقع بعد الجراحة نتيجة نقص التحميل الميكانيكي وضعف الاستجابة العصبية العضلية للعضلة الرباعية. ومع بداية تطبيق المرحلة الأولى من البرنامج التأهيلي، التي اعتمدت على التحفيز الكهربائي NMES وتمارين الانقباض الثابت والمدى الحركي غير المؤلم، ارتفع المتوسط بشكل كبير في الاختبار البيني ليصل إلى (32.9 كغم)، مما يعكس فاعلية مرحلة التفعيل العصبي المبكر واستعادة القدرة العضلية الأولية. ثم استمر التحسّن في الاختبار البعدي ليصل المتوسط إلى (46.2 كغم)، وهو ما يمكن تفسيره بتأثير المرحلة الثانية والثالثة من التأهيل، التي تضمنت تدريبات الوسط المائي في البداية لتقليل الضغط على المفصل، تلاها تدريبات القوة التدريجية وتمارين السلسلة المغلقة والتحكم العصبي العضلي على السطح الأرضي. وقد أكدت قيمة (F = 1987.362)مع دلالة إحصائية (Sig = 0.000) أن الفروق بين القياسات ليست عشوائية أو ناتجة عن تغير طبيعي بعد الجراحة، بل ترجع بصورة مباشرة إلى البرنامج التأهيلي متعدد الوسائط الذي جرى تطبيقه على العينة.

جدول (2) اختبار Bonferroni للفروق البينية

المقارنة	فرق الأوساط (كغم)	الخطأ المعياري	Sig
القبلي – البيني	30.500	0.85	0.000
القبلي – البعدي	43.800	0.73	0.000
البيني – البعدي	13.300	0.50	0.000

توضّح نتائج اختبار Bonferroni أن الفروق بين جميع القياسات الثلاثة كانت معنوية وباتجاه تحسن واضح في القوة العضلية، إذ بلغ الفرق بين القياس القبلي والبيني (30.5 كغم)، وهو تحسن يمكن ربطه بالمرحلة الأولى من البرنامج، التي ركزت على إعادة تنشيط العضلات عبر التحفيز الكهربائي واستعادة قدرة المد والثني دون ألم. كما بلغ الفرق بين القياس القبلي والبعدي (43.8 كغم)، وهو فرق أكبر من السابق، ويعزى إلى انتقال البرنامج نحو مستويات أعلى من التدريب، شملت تدريبات الوسط المائي التي سمحت بزيادة المدى الحركي دون تحميل زائد، إضافة إلى إدخال تدريبات المقاومة الأرضية والتحكم العصبي العضلي خلال المرحلة الثالثة. أما الفرق الكلي بين القياس البيني والبعدي والذي بلغ (13.3 كغم)، فهو يمثل حصيلة التأثير النهائي لجميع مراحل البرنامج، وبخاصة المرحلة المتقدمة التي تضمنت

تدريبات القوة الوظيفية وتدريبات التوازن الديناميكي والركض الخفيف، ما جعل القوة المستعادة قريبة من القيم الطبيعية للعضلات العاملة على مفصل الركبة. واستمرار ظهور الدلالة الإحصائية عند مستوى (Sig = 0.000)يؤكد أن هذه الفروق ليست نتيجة للتعافي العفوي، بل نتيجة مباشرة لتدرّج البرنامج التأهيلي وتكامل وسائله.

المناقشة

توضح نتائج الجدول (1) الخاص بتطور القوة العضلية للرجل المصابة وجود ارتفاع تدريجي واضح بين القياسات الثلاثة، الأمر الذي يؤكد فاعلية البرنامج التأهيلي متعدد الوسائط في استعادة القوة العضلية بعد جراحة إعادة بناء الرباط الصليبي الأمامي. ويُعزى التحسن في القياس البيني تحديدا إلى المرحلة الأولى من البرنامج، التي تضمنت التحفيز الكهربائي للعضلة الرباعية وتمارين الانقباض الثابت منخفض الشدة، وهي وسائل أثبتت فعاليتها في منع الضمور العضلي وتسريع إعادة الاستجابة العصبية العضلية بعد الجراحة، كما أشار إلى ذلك (حمزة ،2021) في دراسته حول إعادة تأهيل إصابات الركبة بعد العمليات الجراحية.

أما الزيادة الأكبر التي ظهرت في القياس البعدي، فتتوافق مع المراحل اللاحقة من البرنامج التأهيلي، التي تضمنت التدريب داخل الوسط المائي، وتمارين السلسلة المغلقة، ثم تدريبات القوة الوظيفية متدرجة الحمل. وقد أثبتت دراسة (العزاوي ،2020) أن التدريب المائي يمثل مرحلة انتقالية فعّالة تسمح بزيادة الحمل الحركي دون إجهاد ميكانيكي زائد على المفصل، بينما أكّد (عبد الرزاق ،2018) أن الانتقال المنظم من التحفيز العضلي إلى تدريبات المقاومة هو العامل الحاسم في استعادة القوة الحركية اللازمة للعودة التدريجية للنشاط الرياضي.

وتتفق هذه النتائج أيضًا مع ما أكده (ربيع ،2019)، الذي أوضح أن البرامج المتعددة الوسائط تتفوق بوضوح على البرامج التقليدية في استعادة القوة بعد عمليات الرباط الصليبي، نظرًا لدمجها بين التدرج في الحمل، والتحكم العصبي العضلي، والتدريب الوظيفي، وهو ما ينعكس في النتائج الإحصائية الدالة التي ظهرت في هذا البحث.

اما نتائج جدول (2) تكشف عن وجود فروق معنوية بين جميع القياسات الثلاثة، مما يدل على أن التحسن لم يكن مرتبطًا بمرحلة واحدة فقط، بل كان تحسنا تراكميا ناتجا عن تسلسل مراحل التأهيل. وقد أوضحت دراسة (سلامة ،2022) أن أكبر نسبة تطور في القوة بعد جراحة الرباط الصليبي تحدث عند الانتقال من المرحلة السريرية الحذرة إلى مرحلة التدريب الوظيفي، وهو ما يظهر بوضوح في الفرق الكبير بين القياس البيني والبعدي في نتائج هذا البحث.

كما تدعم دراسة(العامري ،2021) فكرة أن إعادة التأهيل الناجحة لا تعتمد على تمرين واحد أو وسيلة واحدة، بل على تنويع الأحمال والتدريب في بيئات مختلفة، منها التدريب الأرضي والمائي، إلى جانب التدرج في المقاومة، وهي العناصر ذاتها التي بني عليها البرنامج المعتمد في هذه الدراسة. أما الفروق الإحصائية الدالة بين القياس القبلي والبعدي فهي تتفق مع ما ذكره (علي ،2020)، الذي أكد أن استعادة القوة بعد الجراحة لا تتحقق تلقائيا مع مرور الوقت، وإنما تحتاج إلى برنامج تدريبي مخطط يعتمد على دمج وسائل التأهيل العضلي والعصبي.

الاستنتاجات

من خلال تحليل النتائج الإحصائية ومناقشتها يمكن استخلاص عدد من الاستنتاجات المهمة التي تعكس فاعلية البرنامج التأهيلي متعدد الوسائط في استعادة القوة العضلية للرجل المصابة بعد جراحة إعادة بناء الرباط الصليبي الأمامي لدى الرياضيين، وهي كما يأتي:

1. أظهر البرنامج التأهيلي متعدد الوسائط تحسنا كبيرا وذا دلالة إحصائية في القوة العضلية للرجل المصابة بين القياسات القبلية والبعدية، مما يدل على فاعليته في تسريع عملية الاستشفاء الوظيفي مقارنة بالأساليب التقليدية.
2. إن الاعتماد على التدرج المرحلي في التأهيل، بدءا من التحفيز الكهربائي ثم التدريب المائي، وصولاً إلى تمارين القوة والتحكم العصبي العضلي، يعد من أهم العوامل التي ساهمت في استعادة القدرة الحركية بأمان ودون مضاعفات.
3. أسهم الدمج بين تدريبات الوسط المائي وتمارين السلسلة المغلقة في تحسين المدى الحركي والقوة العضلية مع تقليل الضغط الميكانيكي على مفصل الركبة خلال مراحل التأهيل المتقدمة.
4. بيّنت النتائج أن البرامج متعددة الوسائط تحقق مستوى أعلى من التماثل العضلي بين الطرفين السليم والمصاب، ما يجعلها أكثر كفاءة في تهيئة الرياضي للعودة التدريجية إلى النشاط التنافسي.
5. تشير النتائج إلى أن التدرب المنهجي تحت إشراف متخصصين في العلاج الطبيعي والتأهيل الحركي يسهم في تحقيق تقدم آمن وسريع، ويقلل احتمالية الانتكاس أو إعادة الإصابة.

التوصيات

استنادًا إلى النتائج والاستنتاجات السابقة، يوصي الباحث بما يأتي:

1. اعتماد البرامج التأهيلية متعددة الوسائط في مراكز العلاج الطبيعي والتأهيل الرياضي لما أثبتته من فاعلية في تسريع استعادة القوة العضلية بعد جراحة الرباط الصليبي الأمامي.
2. ضرورة تطبيق مبدأ التدرج المرحلي في الأحمال التأهيلية بحيث تتناسب شدة التمارين مع مرحلة التئام الأنسجة واستجابة المفصل للحمل التدريبي.
3. إدخال التدريب المائي كوسيلة أساسية في مراحل التأهيل المبكرة والمتوسطة لما يوفره من بيئة آمنة لتقليل الحمل على المفصل وزيادة نطاق الحركة.

http://doi.org/10.25130/sc.25.2.43

4. أهمية دمج التحفيز الكهربائي العصبي العضلي في المرحلة الأولى من التأهيل لتفعيل العضلات وتقليل مظاهر الضمور الناتجة عن التثبيت بعد الجراحة.
5. تشجيع الأطباء والمعالجين الفيزيائيين على التعاون في تصميم وتنفيذ البرامج التأهيلية وفق معايير علمية موحدة تراعي طبيعة الإصابة ومستوى الرياضي.
6. إجراء دراسات لاحقة تشمل عينات أكبر وفئات مختلفة من الرياضيين للتحقق من فعالية البرنامج متعدد الوسائط في أنواع أخرى من إصابات الركبة.

المراجع

شهاب، محمود عبد الرحمن. (2019). مقارنة بين برنامج تأهيلي تقليدي وبرنامج متعدد الوسائط في تحسين القوة العضلية للركبة بعد الجراحة. رسالة ماجستير، جامعة اليرموك – الأردن.

السعيد، محمد فتحي. (2020). فعالية برنامج تأهيلي متعدد الأساليب في استعادة الأداء البدني بعد إصابة الرباط الصليبي. مجلة التربية البدنية وعلوم الرياضة، جامعة حلوان.

علي مسير ياسين. (2016). تأثير تدريب القوة المطلقة في تأهيل إصابات الركبة والقوة الخاصة للاعبي المواي تاي. Journal of Physical Education (20736452), 28 (4).

الخالدي، أحمد كريم. (2022). تأثير برنامج تأهيلي تدريجي في تنمية القوة العضلية وتحسين الاتزان الحركي بعد جراحة الرباط الصليبي الأمامي لدى لاعبي كرة القدم. *مجلة علوم الرياضة، جامعة بغداد*، *14*(2)، 115.132–

عبد الرزاق، عمار. (2018). فعالية تدريبات المقاومة التدريجية في استعادة القوة العضلية بعد جراحة الرباط الصليبي. مجلة التربية البدنية، جامعة بغداد.

العزاوي، نبيل سامي. (2020). تأثير التدريب المائي في تحسين الوظائف الحركية بعد إصابة الركبة. مجلة بحوث كلية التربية البدنية، جامعة البصرة .حمزة، قيس محمود. (2021). التأهيل العصبي العضلي بعد العمليات الجراحية لمفصل الركبة. جامعة الموصل.

ربيع، مصطفى محمد. (2019). مقارنة بين برامج التأهيل الأحادية والمتعددة الوسائط بعد إصابات الرباط الصليبي. مجلة علوم الرياضة، جامعة الإسكندرية.

سلامة، عبد الستار. (2022). استراتيجيات استعادة القوة العضلية بعد جراحات الركبة وفق مراحل التأهيل. الجامعة الهاشمية – الأردن.

العامري، حسين. (2021). دور التدرج الوظيفي في إعادة التأهيل الرياضي بعد الإصابات المعقدة للركبة. مجلة العلوم التطبيقية – جامعة المستنصرية.

علي، يوسف أحمد. (2020). أثر البرامج التدريبية المركبة على استعادة القوة والتحمل العضلي بعد إصابات مفصل الركبة. جامعة دمشق.

Al Muimin, H. S. (2008). The Effect of A Training Program on The Development Of Some Motor Abilities and Basic Skills Offensive Applications Of Young Futsal Players (Doctoral dissertation, University Of Babylon).