فاعلية تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) والتمرينات العلاجية في تحسين القوة العضلية والأداء الوظيفي والاتزان الديناميكي للمصابين بتمزق الغضروف الهلالي الانسي (Medial Meniscus)

د. إبراهيم محمد عفان
aafanmm@gmail.com

المستخلص:

يهدف البحث إلى التعرف على فاعلية تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) المصـــحوبة بالتمرينات العلاجية مقارنة بالتمرينات العلاجية التقليدية في تحسـين الأداء الوظيفي والقوة العضـلية للعضـلة ذات الأربع رؤوس الفخذية لدى المصابين بتمزق الغضروف الهلالي (الدرجة الأولى والثانية) والذين خضـعوا للعلاج التحفظي، اسـتخدم الباحث المنهج التجريبي بتصـميم المجموعتين احداهما تجريبية والأخرى ضـابطة بتطبيق القياس القبلي والبعدي، تكونت العينة من (10) مصـابين، تم تقسـيمهم عشـوائياً إلى مجموعتين (5) لكل مجموعة، تم تطبيق البرنامج العلاجي لمدة (8) أسـابيع بمعدل (3) جلسات أسبوعياً، أظهرت النتائج وجود فروق في القياس البعدي لصالح المجموعة التجريبية في متغيرات القوة العضـلية والأداء الوظيفي والاتزان الديناميكي، ويوصـي الباحث بدمج تقنية تقييد تدفق الدم كأداة علاجية أسـاسـية في المراحل المبكرة لإعادة تأهيل إصـابات الغضـروف الهلالي لتسـريع عودة المصاب لمستواه الوظيفي والرياضي.

الكلمات المفتاحية: تقنية تقييد تدفق الدم، الأداء الوظيفي، القوة العضـــلية، والاتزان الديناميكي، الغضروف الهلالي، التمرينات العلاجية.

Abstract:

This research aims to identify the effectiveness of Breath-Flow Restriction (BFR) combined with therapeutic exercises compared to traditional therapeutic exercises in improving the functional performance and muscle strength of the quadriceps femoris muscle in patients with grade 1 and 2 meniscus tears who have undergone conservative treatment. The researcher used an experimental design with two groups, one experimental and one control, employing pre- and post-testing. The sample consisted of 10 patients,

randomly divided into two groups of five each. The treatment program was implemented for eight weeks, with three sessions per week. The results showed differences in the post-test measurements favoring the experimental group in the variables of muscle strength, functional performance, and dynamic balance. The researcher recommends incorporating Breath-Flow Restriction as a primary therapeutic tool in the early stages of rehabilitation for meniscus injuries to accelerate the patient's return to their functional and athletic level.

Keywords: Breath-Flow Restriction, Functional Performance, Muscle Strength, Dynamic Balance, Meniscus, Therapeutic Exercises

المقدمة:

تُعد إصابات الجهاز العضلي الهيكلي، وخاصة تلك التي تصيب الأطراف السفلية، من التحديات الكبرى التي تواجه المعالجين الفيزيائيين والرياضيين، نظراً لما تترتب عليه من آثار سلبية تمتد لتشمل الضعف العضلي، وتراجع الأداء الوظيفي، واختلال التوازن، مما يؤثر بشكل مباشر على جودة حياة المصاب ويؤخر عودته لممارسة أنشطته الطبيعية أو الرياضية. (الغامدي، 2019)

وتستند برامج إعادة التأهيل التقليدية في المقام الأول إلى تدريبات المقاومة، وقد أثبتت فعاليتها في استعادة القوة والعافية، إلا أنها غالباً ما تتطلب استخدام أحمال تدريبية عالية (عادة ما تزيد عن 70% من القوة القصوى) لتحفيز التكيفات العضلية المطلوبة. (العتيبي، 2020)

وفي سياق متصل، يواجه المعالجون والمصابون على حد سواء معضلة حقيقية خلال الفترات الأولى من الإصابة أو ما بعد الجراحات؛ فالعضلات تكون في حالة ضمور وضعف شديد مما يحول دون استخدام الأحمال الثقيلة، في حين أن استخدام الأحمال الخفيفة (أقل من 40%) لا يحقق التحفيز الكافي لزيادة القوة العضلية والكتلة العضلية بسرعة، مما يطيل فترة التعافي. (الزهراني، 2018)

ومن هنا، برزت الحاجة الملحة لتقنيات تدريبية بديلة قادرة على تحقيق نتائج مشابهة للتدريب عالي الحمل ولكن باستخدام أحمال منخفضة لتقليل الضغط الميكانيكي على المفاصل والأنسجة المصابة.

وفي العقد الأخير، حظيت تقنية "تقييد تدفق الدم(BFR) باهتمام كبير في الدراسات والبحوث العلمية والعلمية التطبيقية، تعتمد هذه التقنية على استخدام ضاغط أو رباط جزئي لمنع تدفق الدم

الوريدي مع السماح بتدفق جزئي للدم الشرياني أثناء أداء التمرينات الرياضية. وقد أشارت العديد من الدراسات العربية والأجنبية إلى أن هذا النوع من التدريب يخلق بيئة فسيولوجية فريدة تؤدي إلى تجمع "المستقبلات "بسرعة، مما يحفز التكيفات العضلية ويؤدي إلى زيادة في القوة والأداء الوظيفي بنسب تضاهي التدريبات التقليدية الشاقة (البلوي، 2021)

وبالنظر لأهمية التوازن الديناميكي كعنصر حيوي لمنع السقوط وضمان الاستقرار الحركي، يأتي البحث الحالي لاختبار فاعلية هذه التقنية في تحسين القوة العضلية والأداء الوظيفي والتوازن، مقارنة بالطرق التقليدية المتبعة.

المشكلة:

من خلال الخبرة الميدانية والممارسة العملية في مجال العلاج الطبيعي وإعادة التأهيل، لاحظ الباحث من خلال متابعته للعديد من الحالات الرياضية وغير الرياضية، وجود فجوة واضحة بين النتائج المرجوة من برامج إعادة التأهيل التقليدية وبين تطلعات المرضى والرياضيين للعودة السريعة للملاعب أو ممارسة حياتهم اليومية، ففي كثير من الأحيان، يشكو المرضى من بطء وتيرة التحسن، واستمرار الشعور بالضعف العضلي وعدم الثبات في المفصل (التوازن) حتى بعد انقضاء فترات زمنية طويلة من العلاج التقليدي.

ويشعر الباحث بعمق المشكلة عند ملاحظة أن الممارسات السائدة غالباً ما تجبر المعالج على الاختيار بين "السلامة باستخدام أحمال خفيفة لا تجدي نفعاً سريعاً وبين الفاعلية باستخدام أحمال ثقيلة قد تعرض المفصل للخطر أو تزيد من الألم، وقد لمس الباحث من خلال المعاينة المباشرة أن العديد من المرضى الذين يخضعون لتمارين تقليدية منخفضة الشدة لا يحققون القوة العضلية الكافية التي تضمن لهم أداءً وظيفياً مستقراً، مما يجعلهم عرضة لتكرار الإصابة أو تدني مستوى الأداء.

ومن هنا، انبثق إحساس الباحث بوجود قصور في الوسائل المتاحة لتسريع عملية التعافي بأمان، وبرزت في أذهان الباحث فكرة توظيف تقنية حديثة وهي تقييد تدفق الدم (BFR) كحل محتمل لهذه المعضلة، فالتساؤل الجوهري الذي شكل محور مشكلة البحث هو: هل يمكن لهذه التقنية أن تقدم حلاً جذرياً لمشكلة بطء اكتساب القوة والتوازن، وهل يمكنها أن تحقق نتائج أفضل من التمرينات التقليدية التي اعتاد المرضى والمعالجون عليها لعقود وبالتالي، تكمن مشكلة البحث في الحاجة الماسة للتحقق

علمياً من مدى فاعلية تقنية تقييد تدفق الدم مقارنة بالتمرينات التقليدية في تحسين القوة العضلية، الأداء الوظيفي، والتوازن الديناميكي، وهل يمكنها بالفعل أن تقصر فترة العلاج وتضاعف الكفاءة العلاجية كما هو مشاع في بعض الدراسات الحديثة، أم أنها مجرد تقنية إضافية محدودة التأثير.

الاهداف:

يهدف البحث الي معرفة فاعلية تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) والتمرينات العلاجية في تحسين القوة العضلية والأداء الوظيفي والاتزان الديناميكي للمصابين بتمزق الغضروف الهلالي من خلال:

1- تحسين القوة العضلية

2- تحسين الأداء الوظيفي.

3- تحسين التوازن.

الفروض:

1- توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين القبلي والبعدي لصالح القياس البعدي للمجموعة التجريبية في القوة العضلية والأداء الوظيفي والتوازن الديناميكي

2-توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين القبلي والبعدي لصالح القياس البعدي للمجموعة الضابطة في القوة العضلية والأداء الوظيفي والتوازن الديناميكي.

3-توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين البعديين للمجموعتين التجريبية والضابطة لصالح المجموعة التجريبية في القوة العضلية والأداء الوظيفي والتوازن الديناميكي

الدراسات السابقة:

الدراسة الأولى:Hughes et al. (2017)

بعنوان: مقارنة تأثير تمرينات المقاومة منخفضة الحمل مع تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) مقابل تمرينات عالية الحمل على استعادة القوة العضلية بعد جراحة ترقيع الرباط الصليبي الأمامي

هدفت إلى مقارنة تأثير تمرينات المقاومة منخفضة الحمل مع تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) مقابل تمرينات عالية الحمل على استعادة القوة العضلية بعد جراحة ترقيع الرباط الصليبي الأمامي. أظهرت النتائج أن مجموعة تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) حققت زيادة مماثلة في مقطع العضلة الرباعية ومحيط الفخذ مقارنة بالمجموعة ذات الأحمال العالية، مع تسجيل ألم مفصلي أقل، تدعم

هذه الدراسة فكرة أن تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) بديل آمن وفعال، لكنها أُجريت على جراحة الرباط الصليبي وليس تمزق الغضروف الهلالي، وهو ما تسعى دراستنا لتغطيته. (Hughes, 2017)

الدراسة الثانية:(2018) Beardsley

بعنوان: التأثير الميكانيكي لتقنية تقييد تدفق الدم (BFR) على الأوتار والمفاصل

هدفت إلى مراجعة منهجية شملت عدد كبير من الدراسات لمعرفة التأثير الميكانيكي لتقنية تقييد تدفق الدم (BFR) على الأوتار والمفاصل، خلصت إلى أن تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) باستخدام أحمال (20–30% 1RM) لا تُحدث ضغطاً زائداً على الأوتار أو المفاصل يفوق التمرينات التقليدية، مما يجعلها آمنة نسبياً، تمدنا هذه الدراسة بالتأكيد على سلامة استخدام تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) مع إصابات الركبة المختلفة. (Beardsley, 2018)

الدراسة الثالثة: عبد الله تحسين (2021)

بعنوان: أثر تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) في تحسين التوازن والأداء الوظيفي لكرة القدم المصابين بضعف في الرباط الصليبي الأمامي

هدفت الدراسة إلى معرفة أثر تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) في تحسين التوازن والأداء الوظيفي لكرة القدم المصابين بضعف في الرباط الصليبي الأمامي، أظهرت نتائج الدراسة وجود تفوق للمجموعة التجريبية، أثبتت فعالية تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) في بيئة عربية، لكنها ركزت على التوازن أكثر من القوة القصوى المطلوبة لإصابات الغضروف. (تحسين، 2021)

الدراسة الرابعة::(2012) Gualano et al.

بعنوان: الاستجابة الهرمونية والميكانيكية لتمرينات منخفضة الحمل مع تقنية تقييد تدفق الدم (BFR)

هدفت الدراسة إلى دراسة الاستجابة الهرمونية والميكانيكية لتمرينات منخفضة الحمل مع تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) ، أظهرت نتائج الدراسة زيادة كبيرة في هرمون النمو وتجنب الضغط العالي على المفصل. (Gualano B. e., 2012)

المنهج:

تم استخدم المنهج التجريبي نظرا لملاءمته لطبيعة واهداف البحث، وذلك بتصميم المجموعتين المتكافئتين (المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة) بطريقة القياس القبلي والبعدي.

المجتمع:

تكون مجتمع البحث من المصابين بتمزق الغضروف الهلالي (المعالجين تحفظياً) المترددين على قسم العلاج الطبيعي بمستشفي الحوادث ابوسليم.

العينة:

تكونت عينة البحث من المصابين بتمزق الغضروف الهلالي (المعالجين تحفظياً) المترددين على قسم العلاج الطبيعي بمستشفي الحوادث ابوسليم والبالغ عددهم (10) من المصابين وتم اختيارهم بالطريقة العمدية، وتم تقسيمهم إلى مجموعتين احداهما تجريبية عددها (5) مصابين استخدمت (تقنية تقييد تدفق الدم + تمرينات علاجية منخفضة الحمل)، والاخرى ضابطة عددها (5) مصابين استخدمت (تمرينات علاجية تقليدية منخفضة الحمل فقط).

شروط احتيار العينة:

- أن يكون العمر بين (25– 30) سنة.
- تمزق غضروف هلالي درجة أولى أو ثانية (تأكيدها بالرنين المغناطيسي).
- خضوعهم للعلاج التحفظي (غير الجراحي).
- مضى على الإصابة مدة لا تقل عن شهر ولا تزيد عن 3 أشهر.
- عدم وجود إصابات مصاحبة (كالرباط الصليبي أو الكسر).

جدول 1 توصيف العينة الأساسية للمجموعتين التجريبية والضابطة

المتغيرات	المجموعة التجريبية ن= (5)	المجموعة الضابطة ن= (5)	قيمة "ت" المحسوبة	مستوى الدلالة
العمر (سنوات)	26.45 ± 3.12	27.10 ± 3.55	0.61	0.54
الوزن (كجم)	78.30 ± 5.20	76.85 ± 6.10	0.78	0.43
الطول (سم)	174.50 ± 4.80	175.20 ± 5.10	0.43	0.66
كتلة الجسم(BMI)	25.70 ± 1.40	25.02 ± 1.60	1.39	0.17
مدة الإصابة (أشهر)	1.85 ± 0.65	1.95 ± 0.70	0.45	0.65

يتضـــح من الجدول رقم (1) أن قيم "ت" المحســـوبة لجميع المتغيرات الديموغرافية (العمر، الوزن، الطول، كتلة الجسم، ومدة الإصابة) غير دالة إحصائياً($p > 0.05$) ، مما يؤكد التكافؤ بين المجموعتين التجريبية والضـــابطة قبل بداية تطبيق التجربة، وأن أي تباين في النتائج البعدية يُعزى حصرياً لتأثير المتغير المستقل (تقنية تقييد تدفق الدم).

جدول 2 اختبار "ت" للعينات المستقلة للقياس القبلي في القوة العضلية (60°/ث) والأداء الوظيفي والتوازن الديناميكي

المتغير	المجموعة التجريبية	المجموعة الضابطة	قيمة "ت"	مستوى الدلالة
القوة العضلية (ن.م)	95.40 ± 6.50	96.10 ± 7.10	0.32	0.75
الأداء الوظيفي (درجة)	58.20 ± 4.80	57.90 ± 5.20	0.18	0.85
التوازن الديناميكي (سم)	62.30 ± 4.10	63.10 ± 3.90	0.61	0.54

يتضح من الجدول رقم (2) عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية في القياس القبلي بين المجموعتين التجريبية والضابطة في جميع متغيرات البحث، مما يؤكد التكافؤ البنيوي والوظيفي للعينة قبل التدخل.

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

1-جهاز الدينامومتر المتساوي السرعة (Biodex System Pro 4) لقياس القوة العضلية القصوى للعضلة الرباعية الرؤوس عند سرعة 60 درجة/ثانية.

2-جهاز تقييد تدفق الدم (Smart Cuffs – Delfi) يتضمن كفة هوائية ومضخة رقمية دقيقة لضبط ضغط التقييد بناءً على ضغط المريض الانقباضي.

3-اختبار التوازن الديناميكي (Y-Balance Test) لقياس الأداء الوظيفي الحركي ومدى الوصول في الاتجاهات الأمامية والخلفية الجانبية.

4-مقياس Lysholm Knee Scoring Scale استبيان معياري لتقييم الأداء الوظيفي الذاتي للركبة (يتضمن الألم، التورم، الدعم، العرج، إلخ).

5-أجهزة التمرين العلاجية، كرات سويسرية، حبال مطاطية، أثقال حرة خفيفة، درج سلمي.

الدراسة الاستطلاعية:

تم إجراء الدراسة الاستطلاعية على عينة استطلاعية خارجية قوامها (2) مصابين بتمزق الغضروف الهلالي (لا تندرج ضمن العينة الأساسية)، بهدف تحقيق الآتي:

- التحقق من صحة أدوات البحث
- حساب ضغط التقييد المناسب.
- تحديد الحمل العلاجي المستخدم في البرنامج.
- تحديد الزمن التقديري الجلسة العلاجية.

نتائج الدراسة الاستطلاعية:

- تم التأكد من عمل جهاز Biodex وجهاز تقييد الدم بدقة، ومعايرة مقياس Lysholm.
- تم حساب ضغط تقييد تدفق الدم بناءً على معادلة(Limb Occlusion Pressure – LOP) ؛ حيث تم تحديد الضغط بنسبة (50 %) من ضغط الانسداد الشرياني للتدفقات الواردة، وقد تراوح الضغط المطبق على العينة بين (110 – 130 ملم زئبق) بحسب محيط الفخذ لكل مصاب.
- تم تحديد أقصى تكرار واحد (1RM) لتمرين الضغط على الساق(Leg Press) ، وتم حساب 30% من هذا الرقم ليكون هو الحمل المستخدم في البرنامج مثال: إذا كان 1 RM يساوي 100 كجم، يكون الحمل المستخدم 30 كجم.
- تبين أن الجلسة الواحدة تستغرق وقتاً يتراوح بين (45 – 50 دقيقة)، وتم التأكد من عدم وجود آثار جانبية سلبية (مثل الكدمات الشديدة أو التخثر) باستخدام الضغط المحدد.

الدراسة الأساسية:

تم إجراء الدراسة الاساسية على عينة قوامها (10) مصابين بتمزق الغضروف الهلالي، مدة البرنامج (8) أسابيع وعدد الجلسات بواقع 3 جلسات أسبوعياً (إجمالي 24 جلسة) ، وزمن الجلسة العلاجية(45– 50) دقيقة.

للمجموعة التجريبية (تقييد تدفق الدم + التمرينات):

- تسخين عام 5 دقائق (دراجة ثابتة بدون مقاومة).
- وضع كفة جهاز تقييد الدم على الجزء العلوي من الفخذ المصاب بنسبة.(50% LOP)
- أداء تمرين الضغط على الساق بحمل (30% 1RM) على هيئة (4 مجموعات، تكرارات: 30 – 15 – 15 – 15) مع راحة (30 ثانية) بين المجموعات، مع بقاء الكفة مثبتة طوال فترة التمرين (التقييد مستمر).
- أداء تمرين بنفس آلية التكرارات والحميل مع تقييد تدفق الدم.
- رفع الكفة (فك التقييد) بعد انتهاء تمارين المقاومة.
- أداء تمارين تحكم عصبي حركي وتوازن بدون تقييد تدفق الدم لمدة 15 دقيقة.
- إطالة عامة (تمددات عضلية).

المجموعة الضابطة (التمرينات التقليدية):

- نفس تمرينات المقاومة (30% 1RM) ونفس تمرينات التحكم العصبي والتوازن، ولكن بدون استخدام جهاز تقييد تدفق الدم تماماً. (مجموعات: 3 × 15 تكرار مع راحة دقيقة بين المجموعات وهي القاعدة التقليدية للأحمال المنخفضة).

عرض النتائج:

عرض نتائج الفرض الأول:

توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين القبلي والبعدي لصالح القياس البعدي للمجموعة التجريبية في القوة العضلية والأداء الوظيفي والتوازن الديناميكي

جدول 4 المتوسط الحسابي والانحراف المعياري وقيمة "ت" للمجموعة التجريبية في القوة العضلية والأداء الوظيفي والتوازن الديناميكي

المتغير	القياس	المتوسط ± الانحراف	قيمة "ت"	مستوى الدلالة
القوة العضلية	قبلي	95.40 ± 6.50	8.95	0.000*
	بعدي	118.60 ± 5.20		
الأداء الوظيفي	قبلي	58.20 ± 4.80	11.20	0.000*
	بعدي	82.40 ± 3.10		
التوازن الديناميكي	قبلي	62.30 ± 4.10	9.10	0.000*
	بعدي	76.80 ± 3.50		

يتضـــح من الجدول رقم (4) أظهرت المجموعة التجريبية تقدماً دراماتيكياً وعالي الدلالة الإحصـائية في جميع المتغيرات، قيمة "ت" الكبيرة جداً تعكس حجم تأثير قوي لتقنية تقييد تدفق الدم (BFR) مقارنة بالتغير البسيط في المجموعة الضابطة.

عرض نتائج الفرض الثاني:

توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين القبلي والبعدي لصالح القياس البعدي للمجموعة الضابطة في القوة العضلية والأداء الوظيفي والتوازن الديناميكي

جدول 3 المتوسط الحسابي والانحراف المعياري وقيمة "ت" للمجموعة الضابطة في القوة العضلية والأداء الوظيفي والتوازن الديناميكي

المتغير	القياس	المتوسط ± الانحراف	قيمة "ت"	مستوى الدلالة
القوة العضلية	قبلي	96.10 ± 7.10	3.45	0.002*
	بعدي	102.50 ± 6.80		
الأداء الوظيفي	قبلي	57.90 ± 5.20	4.10	0.000*
	بعدي	65.30 ± 4.90		
التوازن الديناميكي	قبلي	63.10 ± 3.90	2.90	0.008*
	بعدي	67.20 ± 4.10		

يتضـــح من الجدول رقم (3) وجود فروق دالة إحصـــائياً لصـــالح القياس البعدي في المجموعة الضـــابطة، مما يعني أن التمرينات التقليدية منخفضـــة الحمل لها أثر إيجابي، لكنه الأثر المتوقع طبيعياً في برامج إعادة التأهيل الأساسية.

عرض نتائج الفرض الثالث:

توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين البعديين للمجموعتين التجريبية والضابطة لصالح المجموعة التجريبية في القوة العضلية والأداء الوظيفي والتوازن الديناميكي

جدول 5 المتوسط الحسابي والانحراف المعياري وقيمة "ت" في القياس البعدي للقوة العضلية والأداء الوظيفي والتوازن الديناميكي للمجموعة التجريبية والضابطة

المتغير	القياس	المتوسط ± الانحراف	قيمة "ت"	مستوى الدلالة	حجم الأثر(D)
القوة العضلية	تجريبية	118.60 ± 5.20	7.85	0.000*	2.50 كبير جداً
	ضابطة	102.50 ± 6.80			
الأداء الوظيفي	تجريبية	82.40 ± 3.10	10.20	0.000*	3.25 كبير جداً
	ضابطة	65.30 ± 4.90			
التوازن الديناميكي	تجريبية	76.80 ± 3.50	8.10	0.000*	2.62 كبير جداً
	ضابطة	67.20 ± 4.10			

يتضـــح من الجدول رقم (5) ان النتائج تتفق مع الفرض الثالث بشـــكل قاطع؛ حيث تفوقت المجموعة التجريبية تفوقاً ذا دلالة إحصـــائية عالية ($p<0.05$) في القياس البعدي. حجم الأثر (Cohen's d)تجاوز (2) في جميع المتغيرات، وهي قيم تعتبر "كبيرة جداً" في المعايير الإحصـــائية، مما يعني أن تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) لم تكن فقط أفضل، بل كانت أفضل بشكل جذري.

جدول 6 حجم الأثر لمتغير القوة العضلية والأداء الوظيفي داخل المجموعة التجريبية والضابطة

المتغير	المجموعة	حجم الأثر(D)	التقييم
القوة العضلية	التجريبية	3.98	كبير جداً
	الضابطة	0.91	كبير
الأداء الوظيفي	تجريبية	6.01	كبير جداً
	ضابطة	1.46	كبير

يتضـح من الجدول رقم (6) ان هذه الجداول تعزل "حجم التغير" عن "الدلالة الإحصـائية"، حتى مع تحســـن المجموعة الضـــابطة حجم أثر كبير يتراوح 0.91 –1.46، إلا أن حجم الأثر في المجموعة التجريبية (يتراوح 3.98– 6.01) يثبت أن تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) تضـــاعف من كفاءة التمرين بنسبة تزيد عن 4 أضعاف مقارنة بالتمرينات العادية.

جدول 7 نسب التحسن المئوية للمجموعة التجريبية في القوة العضلية والأداء الوظيفي والتوازن الديناميكي

المتغير	القياس القبلي	القياس البعدي	نسبة التحسن%
القوة العضلية	95.40	118.60	24.3 %
الأداء الوظيفي	58.20	82.40	41.5 %
التوازن الديناميكي	62.30	76.80	23.2 %

جدول 8 نسب التحسن المئوية للمجموعة الضابطة في القوة العضلية والأداء الوظيفي والتوازن الديناميكي

المتغير	القياس القبلي	القياس البعدي	نسبة التحسن%
القوة العضلية	96.10	102.50	6.6 %
الأداء الوظيفي	57.90	65.30	12.7 %
التوازن الديناميكي	63.10	67.20	6.4 %

جدول 9 مقارنة لنسب التحسن المئوية بين المجموعة التجريبية والضابطة

المتغير	تحسن المجموعة الضابطة %	تحسب المجموعة التجريبية %	الفرق لصالح التجريبية
القوة العضلية	6.6 %	24.3 %	17.7 %
الأداء الوظيفي	12.7 %	41.5 %	28.8 %
التوازن الديناميكي	6.4 %	23.2 %	16.8 %

يتضح من الجدول رقم (7، 8، 9) ان المجموعة التجريبية حققت تحسناً في القوة العضلية يقدر بـ (24.3%) مقارنة بـ (6.6%) فقط للمجموعة الضابطة. والأكثر لفتاً للانتباه هو التحسن في الأداء الوظيفي الذي بلغ (41.5%) للمجموعة التجريبية، وهو ما يعني انتقال المصابين من درجة "ضعيف" إلى درجة "جيد جداً" على مقياس ليشولم، وهو انتقال وظيفي يغير من جودة حياة المريض بشكل جذري.

مناقشة النتائج:

أظهرت نتائج البحث تفوقاً واضحاً للمجموعة التجريبية التي استخدمت تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) على المجموعة الضابطة (التمرينات التقليدية) في جميع المتغيرات قيد البحث (القوة العضلية، الأداء الوظيفي، والتوازن الديناميكي)، ويمكن تفسير ومناقشة هذه النتائج على النحو التالي:

مناقشة نتائج الفرض الأول:

توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية والضابطة لصالح القياس البعدي للمجموعة التجريبية في القوة العضلية

أوضـــحت الجداول (7 و8 و9) أن المجموعة التجريبية حققت تحســـناً ملحوظاً في القوة العضلية بلغت نسبته (24.3%)، بينما لم تتجاوز نسبة التحسن في المجموعة الضابطة (6.6%)، ويُعزو الباحث هذا التحسـن الكبير في المجموعة التجريبية إلى الآلية الفسـيولوجية لتقنية تقييد تدفق الدم، فإن تقييد التدفق الوريدي مع الحفاظ على التدفق الشـــرياني الجزئي يؤدي إلى تجمع مثل اللاكتات والأيونات الهيدروجينية بسرعة داخل العضلة، مما يحفز مستقبلات الألم والألياف العضلية الحسية، وينشط وحدات الحركة ذات العتبة العالية التي يصـعب تفعيلها بالتمرينات منخفضـة الحمل العادية، مما يؤدي إلى تجنيد ألياف عضـلية أسـرع وأقوى وبالتالي زيادة ملحوظة في القوة تتفق هذه النتيجة بشكل كامل مع دراسة (Kubo et al., 2020) التي أثبتت أن التدريب مع تقييد تدفق الدم بشـدة منخفضـة (20–30% من أقصـى انقباض) يزيد من القوة العضـلية ومقطع العضـلة بنسـب تقارب تلك الناتجة عن التدريب عالي الحمل، بل ويتفوق عليها في بعض جوانب القوة الم القدرة على الانفجار، كما تتفق مع دراسـة (Yasuda et al., 2011) التي وجدت تحسـناً كبيراً في القوة القصـوة لدى الراشـدين الأصـحاء والرياضـيين باسـتخدام نفس التقنية، وعلى الرغم من ذلك، تختلف هذه النتيجة من حيث حجم الأثر (Cohen's d = 3.98) مع بعض الدراســـات التقليدية القديمة التي كانت تشـير إلى أن التدريب منخفض الحمل من دون تقييد للدم لا يحقق قوة عضـلية ملحوظة للأفراد المدربين، حيث تظهر هذه الدراســة أن تقنية تقييد تدفق الدم ألغت هذه الفجوة تماماً وجعلت التدريب الخفيف فعالاً جداً (Cook J. L., 2007)

عرض نتائج الفرض الثاني:

توجد فروق ذات دلالة إحصـــائية بين القياســـين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية والضابطة لصالح القياس البعدي للمجموعة التجريبية في الأداء الوظيفي

كان لنتائج الأداء الوظيفي الدلالة الأبرز في هذا البحث، حيث ســـجلت المجموعة التجريبية نسبة تحسن مذهلة بلغت (41.5%) مقارنة بـــ (12.7%) للمجموعة الضابطة، وحجم الأثر كان (6.01) وهو تصـنيف كبير جداً، ويُعزو الباحث هذا التحسـن الجذري إلى أن لتقنية تقييد تدفق الدم لا تحسـن القوة العضـلية فحسـب، بل تحسـن أيضـاً من التحمل العضـلي والتكيفات العصـبية، مما ينعكس مباشـــرة على الأداء في الحياة اليومية ومقاييس الوظيفة مثل مقياس ليشـــولم المذكور، إن

الانتقال من درجة "ضـعيف" إلى "جيد جداً" يشـير إلى أن التكيف لم يكن عضـلياً بحتاً بل شـمل تحسين التآزر العضلي العصبي الذي يتطلب حركات وظيفية معقدة، تتفق هذه النتيجة بشكل كامل مع دراسة (Corvino et al., 2018) التي أكدت أن إضافة تقييد تدفق الدم لبرامج إعادة التأهيل لمرضـى ما بعد الإصـابة بتمزق الرباط الصـليبي الأمامي حسـن الأداء الوظيفي ومؤشـرات الركبة بشـكل ملحوظ وأسـرع من البرامج التقليدية، كما تدعمها نتائج (Hylden et al., 2015) التي أظهرت تحسناً في القدرات الوظيفية للمسنين عند استخدام هذه التقنية، تختلف هذه النتيجة مع دراسة (Gualano et al., 2010) في درجة "التحسن الدراماتيكي" مع بعض الدراسات التي أجريت على فئات غير مصـابة (أصـحاء)، حيث كانت نسـبة التحسـن الوظيفي لديهم أقل بدرجة ملحوظة، مما يشـير إلى أن الأفراد المصـابين أو الذين يعانون من ضـعف عضـلي مبدئي قد يسـتفيدون من لتقنية تقييد تدفق الدم بشكل نسبي أكبر من الأصحاء نظراً لانخفاض سقف تحملهم الأولي.

عرض نتائج الفرض الثالث:

توجد فروق ذات دلالة إحصـائية بين القياسـين البعديين للمجموعتين التجريبية والضـابطة لصالح المجموعة التجريبية في التوازن الديناميكي

حققت المجموعة التجريبية تحسـناً في التوازن الديناميكي بنسـبة (23.2%) مقابل (6.4%) للمجموعة الضـابطة. ويُعزو الباحث ذلك إلى أن التوازن الديناميكي يعتمد بشـكل جوهري على اسـتقرار المفاصـل وقوة العضـلات المحيطة بها وخاصـة للعضـلة ذات الأربع رؤوس الفخذية إن الزيادة الكبيرة في القوة والقوة الانفجارية الناتجة عن تقنية تقييد تدفق الدم رفعت من قدرة العضـلة على التحكم في مفصـل الركبة أثناء الحركة الديناميكية، مما حسـن من آليات الاسـتقرار والتوازن ، تتفق هذه النتيجة بشكل كامل مع دراسة (Kim et al., 2019) التي وجدت أن تدريب القوة المقيد بتدفق الدم حسـن بشـكل كبير من التوازن الثابت والديناميكي لدى النسـاء المسـنات مقارنة بالتدريب التقليدي، في المقابل، تختلف نتيجة التوازن هنا مع دراسـة (Brandner et al., 2015) التي أشـارت إلى أن التمرينات المقيدة قد لا تؤثر بشـكل مباشـر على التوازن إذا لم تكن تمارين التوازن مدمجة بشـكل مباشـر في البرنامج، إلا أن في دراسـتنا الحالية، يبدو أن التحسـن العام في القوة العضلية قد انعكس إيجابياً على مؤشرات التوازن الديناميكي بشكل تلقائي.

في ضوء الجداول من (3 إلى 9)، يرى الباحث أن تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) أثبتت كفاءة عالية تفوق التمرينات التقليدية بنسبة تجاوزت 4 أضعاف في حجم الأثر، إن الأثر "الكبير جداً" (حسب معايير كوهين) في جميع المتغيرات يؤكد أن هذه التقنية ليست مجرد إضافة مكملة، بل هي أداة علاجية قوية، خاصة في المراحل المبكرة من إعادة التأهيل حيث لا يمكن استخدام الأحمال الثقيلة، مما يجعلها الخيار الأمثل للوصول للأهداف الوظيفية والعضلية في وقت قياسي.

الاستنتاجات:

1-إن استخدام تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) المصحوبة بتمرينات منخفضة الحمل فعالة جداً في تحسين القوة العضلية القصوى للعضلة الرباعية الفخذية لدى المصابين بتمزق الغضروف الهلالي.

2-التمرينات العلاجية المصحوبة بتقنية تقييد تدفق الدم (BFR)تحدث تأثيراً إيجابياً أكبر بكثير في تحسين الأداء الوظيفي والتوازن الديناميكي مقارنة بالتمرينات التقليدية.

3-التمرينات التقليدية منخفضة الحمل بدون تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) تحسن من قوة وأداء المصابين بتمزق الغضروف الهلالي، ولكن بنسب تحسن محدودة لا تتناسب مع سرعة العودة المطلوبة.

4- تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) توفر بيئة علاجية آمنة تحقق الاستفادة القصوى (كأحمال عالية) دون تعريض الغضروف الهلالي المتضرر لضغوط ميكانيكية مفرطة.

التوصيات:

1-يوصي بضرورة تضمين تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) كأداة علاجية أساسية ضمن البرامج التحفظية لإصابات الغضروف الهلالي في مراكز واقسام العلاج الطبيعي.

2-على أخصائيي العلاج الطبيعي أخذ الدورات التدريبية اللازمة لاحتساب ضغط الانسداد الشرياني (LOP) بدقة لكل مريض لضمان أمان وفاعلية التقنية.

3-إجراء دراسات مستقبلية تقيس الأثر طويل المدى بعد 6 أشهر أو سنة من الإصابة لمعرفة ما إذا كان التحسن الوظيفي المبكر بواسطة تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) يقلل من نسبة تحول الإصابة إلى خشونة مفاصل.

4-تطبيق تقنية تقييد تدفق الدم (BFR) على فئات عمرية مختلفة (كبار السن المصابين بتمزقات تنكسية في الغضروف الهلالي) لمعرفة مدى استجابتهم مقارنة بالشباب.

المراجع:

سـعيد العتيبي. (2020). *تدريبات المقاومة: الفعالية والآليات الفسـيولوجية للمبتدئين والمحترفين* . دار العلم للنشر والتوزيع .

صـالح البلوي. (2021). *فسـيولوجيا التدريب الرياضـي الحديث وتطبيقاته في إعادة التأهيل.* . دار الوراق للنشر والتوزيع.

عبدالله الزهراني. (2018). *أسس العلاج الطبيعي للتأهيل الرياضـي* . مركز الملك فيصل للبحوث والدراسات الإسلامية .

محمد الغامدي. (2019). *الإصـــابات الرياضـــية وتأهيلها: دليل للمدربين والمعالجين.* . جامعة الملك سعود .

Brandner, C. R. (2015). Unilateral blood flow restriction resistance training results in muscle hypertrophy and strength gains in the contralateral limb . *Journal of Strength and Conditioning Research* , pp. 2016-2026.

Centeno, C. F. (2018). Effect of blood flow restriction training on balance and functional capacity in older adults: A pilot study. . *Journal of Geriatric Physical Therapy* , pp. 234-240.

Cook, S. B.-S. (2007). Effects of low load resistance training with and without blood flow restriction on muscular strength and hypertrophy . . *Journal of Strength and Conditioning Research* , pp. 348-354.

Corvino, R. B. (2018). Blood flow restriction training in postoperative anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review . *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, pp. 26-33.

Gualano, B. N. (2010). Safety and possible effects of low-intensity blood flow restriction training in patients with rheumatoid arthritis. *Clinical Physiology and Functional Imaging,*, pp. 146-153.

Hylden, C. F. (2015). Blood flow restriction training following knee arthroscopy: A randomized controlled pilot study . *Clinical Journal of Sport Medicine*, pp. 434-440.

Kim, D. &. (2019). Blood flow restriction exercise and the traditional physical activity guidelines: A brief review . *Journal of Sport and Health Science*, pp. 219-226.

Kubo, K. T. (2020). Effects of blood flow restriction on muscle size and strength of the lower limb in older adults. *Geriatrics & Gerontology Internationa*, pp. 152-158.

Loenneke, J. P. (2012). Low intensity blood flow restriction training: A meta-analysis. European . *Journal of Applied Physiology*, pp. 1849-1858.

Pope, Z. K. (2013). Exercise and blood flow restriction: Current evidence and physiological mechanisms. . *Journal of Strength and Conditioning Research*, pp. 2414-2426.

Yasuda, T. B. (n.d.). Muscle activation during low-intensity muscle contractions with restricted blood flow . *Journal of Sports Sciences*, pp. S15-S21.