تأثير مكمل الكركمين على بعض الإستجابات الإلتهابية وتهدم العضلات بعد التدريب بالإنقباض اللامركزي

أ.م.د/ مروة فاروق غازي(*)

مقدمـــــــه

الكركمين، هو مركب بوليفينول طبيعي يوجد بتركيزات عالية في الكركم، له خصائص مضادة للإلتهابات ومضادة للأكسدة ومسكنة للألم، مما يجعله مرشحًا لتسريع استعادة استشفاء الجسم بعد التمرين. أظهرت الدراسات المعملية للاعبي ركوب الدراجات والجري وبروتوكولات التحميل الغريبة (مثل الجري أعلى تل وتمارين المقاومة المتدرجة)، وأن تناول مكملات الكركمين قبل وبعد فترات التمرين يمكن أن يقلل من الشعور الموضعي بالألم (Kawanishi, N., et al., 2013).

وقد تمت دراسة الكركمين على نطاق واسع بسبب خصائصه المضادة للأكسدة والمضادة للإلتهابات المرتبطة بالعديد من الأمراض المزمنة والسرطانية مثل متلازمة الاستقلاب (Panahi Y,e et al., 2013)، أيضاً توصلت الدراسات إلى أن الكركمين يقلل من تلف العضلات ويحد من فقدان وظيفة العضلات بعد بروتوكولات التدريب عالية الشدة والمسببة لتلف العضلات. (Delecroix, B., et al., 2017) ، يساهم الإستشفاء بالكركمين في تحسين الإحساس بالألم والحساسية، تقليل مؤشرات تهدم العضلات، خفض معدلات الإلتهاب، وزيادة كفاءة الجسم المضادة للأكسدة، وتقليل علامات الإجهاد بالأكسدة، وتقليل علامات السن البيولوجي، وتقليل فقدان القوة القصوى (Campbell, M. S., et al., 2021).

تم اثبات فعالية الكركمين في تقليل الشعور بآلام العضلات، وتحسين الأداء، وتخفيض مستويات العلامات الإلتهابية في الدم، وتعزيز القدرة التأكسدية الذاتية بعد التمرين (Basham SA, et al., 2019; Tanabe Y, et al., 2019)

فقد أظهرت نتائج الدراسات ان تناول الكركمين قبل التدريب يخفض من افراز مخلقة البروستاجلاندين والذي يتحكم في نفاذية اغشية الخلايا بتعديل تركيب الغشاء للحفاظ على سلامة الخلايا (Barry J, et al., 2009).

للكركمين تأثير تنظيمي على تعبير إنزيم السيكلوأكسيجيناز-٢ (COX-2) ويثبط تعبير إنزيم الليبوأكسيجيناز-٥ (LOX-5) المحفز للالتهاب في مسار إنتاج الليوكوترينات بالإضافة إلى ذلك، يحمي زيادة تعبير Bcl-2 أو Bcl-XL الخلايا من التهدم الخلوي وبالتالي يعاكس الهجمات المحفزة للتهدم الخلوي والإلتهاب ويعيد القدرة المضادة للالتهاب. يسيطر الكركمين أيضًا على استجابة العضلات لصدمة الحرارة للحد من الضرر العضلي وعلى علامات الضرر العضلي مثل الكرياتين كاينيز CK (Beba, M., et al., 2022).

يحدث الألم العضلي المتأخر بعد التمرين مرتفع الشدة أو للمبتدئين، والتحكم في سرعة الإستشفاء من اللألم العضلي المتأخر أمر مهم للتعافي، والانتقال بسرعة إلى التمرين التالي بنفس الشدة أو بشدة أعلى؛ وبالتالي، يزيد من احتمالية تحقيق الهدف التكيف والإنجاز البدني. لهذا السبب، أُجريت العديد من الدراسات لاستكشاف تأثير الكركمين على آلام العضلات المتأخرة بعد التمرين، باستخدام بروتوكولات تمارين مختلفة (Yoon, W. Y., et al., 2020).

يحدث تهدم العضلات المرتبط بشدة التدريب (EIMD)، بجميع أنواع التدريبات ويختلف على حسب نوع التدريب، الفترة الزمنية للتدريب والحالة التدريبية للاعبين، ويرتبط التدريب عالي

الشدة (EIMD) بتمزقات تركيبية بالعضلات وزيادة معدلات سيتوكينات الإلتهاب، وما يتوافق معها من تورم المفاصل والذي يؤدي الى تقييد المدى الحركي لها (Mackey AL & Kjaer M 2017) ، بحيث يؤثر تهدم العضلات، في إعاقة الكفاءة الوظيفية للعضلات، والتي تظهر بعد ممارسة التمارين، وتصل ذروتها ما بين ٢-٣ أيام بعد التمرين (Beba, M., et al., 2022).

اثبتت الدراسات ان التدريبات العالية الشدة بفترات قصيرة تصل ل ٢٠ دقيقة بدون او بفترات راحة قصيرة جدا، تؤدي الى زيادة القابلية التأكسدية ومنها الى زيادة العبء على الجهاز المناعي (Cadegiani, F. A., et al., 2019). يرتبط تهدم العضلات بافراز عامل مشابه الهرمونات وهو البروستاجلاندين بتنوعين (COX-1, COX-2) ، والمرتبطة هي الاخرى باعراض الإلتهاب ورفع درجة الحرارة، الالم الشديد والورم مكان التمزقات (Schoenfeld BJ (2012).

اختلفت الدراسات حول جرعة الكركمين المناسبة للرياضين وأوقات التناول ايضا، كدراسة Tanabe, Y., et al., (2015) والذي أثبتت نجاح جرعة ١٥٠ ملجم بموجب جرعة واحدة قبل وبعد التدريب، في الحد من تدهور أقصى انقباض عضلي وتحرر كرياتين الكاينيز ما بعد التدريب. دراسة McFarlin, B. K., et al., (2016)، والتي أثبتت أن تناول جرعة ٤٠٠ ملجم من الكركمين يومين قبل المنافسة ووتستمر ل ٤ أيام بعد المنافسة قد عمل على انخفاض مؤشرات الإلتهاب كالانترلوكين٨ ومعامل النخر بالمقارنة مع العينة الضابطة.

بينما جرت دراسة Tanabe, Y., et al., (2019) إلى مقارنة تأثير تناول جرعة ١٨٠ ملجم من الكركمين ولمدة ٧ ايام قبل التدريب اللامركزي ومجموعة اخرى بنفس الجرعة ولكن لمدة ٧ ايام ما بعد التدريب والتي انتجت كفاءة تناول جرعة الكركمين ما قبل التدريب في خفض انتروكين ٨ بعد ١٢ ساعة من التدريب، بينما تفوقت نتائج المجموعة التي تناولت جرعة الكركمين ٧ ايام بعد التدريب، في خفض كرياتين الكاينيز، وبينت تلك النتائج ان تناول الكركمين قبل التدريب ساعد على خفض الإلتهاب الحاد بينما تناول الكركمين بعد التدريب ساعد على خفض تهدم العضلات ووقت الإستشفاء.

اعتمدت دراسة Nicol, L. M., et al., (2015) تناول جرعة ٥ جرام من الكركمين (جرعتين في اليوم /٢,٥ جرام لكل جرعة) لعدد ١٧ رجل بدءًا من يومين قبل ممارسة التمارين الرياضية وحتى ٣ أيام بعد الممارسة، وأخلصت الدراسة بأن تناول الكركمين في غضون ٢٤-٤٨ ساعة بعد ممارسة التمارين الرياضية يقلل من آلام العضلات المتأخرة في الأطراف السفلية أثناء تمارين السكوات، القفز على الرجل الواحدة، وتمدد العضلات، بالإضافة إلى تقليل آلام العضلات المتأخرة، ساعدت جرعة الكركمين على تحسن نتائج أداء القفز على الساق الواحدة، مما يشير إلى أن تخفيف آلام العضلات المتأخرة يؤثر إيجابيًا على الأداء ويعزز الإستشفاء.

Mallard, A. R., et al., (2021) قام بدراسة تأثير تناول ٤٥٠ ملجرام من الكركمين قبل وبعد أداء تمارين المقاومة للأطراف السفلية حتى حد الإرهاق لعدد ٢٨ رياضي كمجموعة تجريبية واخرى ضابطةً، حيث أفادت نتائج الدراسة بأن المجموعة التجريبية والتي تناولت الكركمين كانت لديها مستويات أقل بشكل ملحوظ من الألم العضلي المتأخر بالمقارنة مع مجموعة العلاج الوهمي وذلك بعد قياسات ٤٨ و ٧٢ ساعة من التمرين.

في دراسة ٢٠ رياضي، أشار Drobnic, F., et al., (2014) بأن تناول الكركمين مرتين في اليوم بموجب٢٠٠ ملجم/ جرعة، صباحًا ومساءً، بدءًا من يومين قبل ممارسة التمارين الرياضية

وحتى ٢٤ ساعة بعد الانتهاء منها، قللت بشكل ملحوظ من آلام العضلات في الأطراف السفلية بعد الجري على تل بالمقارنة مع المجموعة التي تلقت علاج وهمي.

تشير الدراسات الأخرى إلى أن تناول الكركمين بجرعة واحدة قبل أو بعد ممارسة التمارين الرياضية يمكن أن تؤثر على تأخر ظهور ألم العضلات المتأخر (DOMS). حبث أشارت دراسة Amalraj, A., et al., (2020) بأن تناول الكركمين بجرعة واحدة ٥٠٠ ملجم قبل ممارسة التمارين الرياضية بساعة تقلل بشكل كبير من ظهور ألم العضلات المتأخر بعد التدريب عالي الشدة.

أما دراسة Ms, S. A. B., et al., (2020) فكانت لتقييم تأثير تناول الكركمين على آلام العضلات المتأخرة بعد التمرين لعدد ١٩ رياضي يعانون من تلف العضلات، حيث كانت الجرعة ١,٥ جرام من الكركمين يوميًا (ثلاث كبسولات بواقع ٥٠٠ ملجم لكل كبسولة)، ولمدة ٢٨ يومًا وتبين كفاءة االكركمين في تقلل آلام العضلات المتأخرة بشكل أكثر فاعلية من العلاج الوهمي.

Delecroix, B., et al., (2017) قام بدراسة استهلاك ٦ جم من الكركمين (٢ جرام في الجرعة، ٣ جرعات في اليوم) قبل ٤٨ ساعة من ممارسة القفز على ساق واحدة على منحدر وبعد ٤٨ ساعة من الممارسة، لعدد ١٧ لاعباً من النخبة حيث أشارت النتائج ان كلاً من مجموعة الكركمين ومجموعة الوهم عانو من آلام العضلات المتأخرة بعد التمرين، دون وجود فرق ملحوظ.

ومما سبق من سرد للدراسات السابقة فنرى اختلاف بروتوكولات الإستخدام لمكمل الكركمين الى جانب تضارب النتائج إلا ان أغلبية الدراسات اكدت على فاعلية المكمل في تقليل مؤشرات الإلتهاب، لذا فعند البحث عن صلاحية وسمية تناول مكملات الكركمين نرى تقارير حول الإستخدام الآمن للأصحاء والمرضي حيث أثبتت الدراسات بالتقارير ان الجرعة لحدود ٨ جم ولمدة ٣ شهور تكون آمنة وليست سميه، ومؤخراً صرحت منظمة الصحة العالمية بأن الجرعة المناسبة للاستخدام الآمن للإضافات الغذائية تصل لحدود ٣ملجم/كجم من وزن الجسم ويعادل ذلك لشخص يزن ٧٠ كجم، ٢٤٠ملجم للجرعة الواحدة. ايضاً صرحت الإدارة الامريكية للغذاء والدواء، بأن الإستخدام الآمن للأصحاء يتراوح من ٢- ٢,٦جم من الكركم يومياً (Amalraj, A., et al., 2016). وبالرغم من أن الدراسات الخاصة بالتأثير التراكمي للكركمين على العضلات ما بعد التدريب محدودة بل وقد تناولت عوامل اخرى لمضادات الاكسدة كالفيتامينات والتي اظهرت نتائج بعضها الى ان للفيتامينات تأثير سلبي على تكاثر اعداد الميتوكندريا بل وكفاءة التضخيم العضلي(Merry TL, & Ristow M 2016)، فنرى اختلاف الدراسات أيضاً في الجرعة من حيث الفائدة أو الضرر بسبب تراكم المادة الفعالة بأنسجة الجسم وخاصة الكبد والبنكرياس، بالجرعات العالية بحسب تقرير ادارة المنتجات العلاجية بالحكومة الاسترالية (Australian gov. 2023).

وتلاشياً للتأثير السلبي على أنسجة الجسم أثبتت الدراسات ان المدى من ٤٠٠ الى ٣٦٠٠ ملجم قد تكون مناسبة للاستخدامات المضادة للأكسدة (Hegde, M., et al., 2023).

لذا فلتضارب وقلة الدراسات على المستوى المحلي فاختارت الباحثة المكمل الغذائي (puritan's pride)، بتركيز ١٠٠٠ملجم بمكونات (جزور الكركمين- مستخلص الفلفل الأسود)، والمصرح له من الادارة الامريكية للغذاء والدواء (U.S. Food and Drug Administration 2023) ، بموجب ١جم/ جرعة، ولثلاث جرعات يومياً قبل وبعد التمرين ولمدة أسبوع كامل لبيان تأثيره

على آلآم العضلات المتأخر لدى الرياضيين خاصة بعد التدريب بشدة عالية وبنظام الإنقباض اللامركزي.

أهداف الدراسة: تهدف الدراسة الى بيان تأثير تناول مكمل الكركمين (puritan's pride) لمدة أسبوع مع التدريب بنظام الانقباض اللامركزي على المتغيرات التالية:

- الإستجابات الإلتهابية (معدل انترلوكين٦ IL6- معدل سرعة الترسيب ESR- عدد كرات الدم البيضاءWBC - معدل نازعة هيدروجين اللاكتيك LDH).
- تهدم العضلات (معدل كرياتين كاينيز CK).

فروض الدراسة: توجد فروق دالة احصائياً ما بين القياس القبلي والبعدي لتناول مكمل الكركمين (puritan's pride) بمرحلة الإستشفاء ما بعد التدريب بنظام الانقباض اللامركزي لصالح القياس البعدي في متغيرات الإستجابات الإلتهابية (معدل انترلوكين٦ IL6- معدل سرعة الترسيب ESR- عدد كرات الدم البيضاءWBC - معدل نازعة هيدروجين اللاكتيك LDH).

- توجد فروق دالة احصائياً ما بين القياس القبلي والبعدي لتناول مكمل الكركمين (puritan's pride) بعد التدريب بنظام الانقباض اللامركزي لصالح القياس البعدي في متغير تهدم العضلات (معدل كرياتين كاينيز CK).

المنهـــــــج

منهج الدراسة: استخدمت الباحثة المنهج التجريبي باستخدام اسلوب القياس القبلي والبعدي لمجموعة واحدة تجريبية.

مجتمع وعينة الحث: اجريت الدراسة على عدد ٨ من الممارسين للرياضة من الرجال بمتوسط عمر ٣٣,٧٥٠عام وطول ١٧٠,٢٥٠ ووزن ٧٥,٣٧٥ "جدول ١ يوضح تجانس العينة"، الرياضيين من المترددين على صالات اللياقة البدنية بمدينة طنطا، بواقع ٢٠% من مجتمع العينة بذات العمر والعمر التدريبي، وتم التواصل معهم واخذ موافقة كتابية منهم بالاشتراك في التجربة بعد شرح الباحثة لاجراءات الدراسة ومدى استفادتهم منها، اللاعبين من الممارسين للرياضة بمتوسط عمر تدريبي ٥,٢٥٠ سنوات، لياقة بدنية وأثقال، وذلك لضمان تكيف العضلات على انتاج القوة العضلية، وتقليل فرص الإصابة للاعبين طبقاً لأخلاقيات البحث العلمي (Tommy Lundberg & Jamie McPhee, 2020).

جدول (١)

الدلالات الإحصائية لتوصيف افراد العينة فى المتغيرات الاساسية قيد البحث

لبيان اعتدالية البيانات ن=٨

م	المتغيرات الاساسية	وحدة القياس	المتوسط الحسابي	الوسيط	الانحراف المعيارى	التفلطح	الالتواء
	معدلات دلالات النمو						
١	السن	سنة	٣٣,٧٥٠	٣٣,٥٠٠	٢,١٢١	١,٢٤٤-	٠,٣١٤
٢	طول	سم	١٧٠,٢٥٠	١٧٠,٠٠٠	١,٩٨٢	١,٩٥٩-	٠,١٢٨
٣	الوزن	كجم	٧٥,٣٧٥	٧٥,٥٠٠	١,٩٢٣	١,٦٦٨-	٠,٠٦٨-
٤	العمر التدريبى	سنة	٥,٢٥٠	٥,٥٠٠	١,٢٨٢	٠,٠٢١-	٠,٦١١-
	متغيرات الاستجابة الإلتهابية						
١	انترلوكين٦	بيكوغرام/مل	٤,٣٧٥	٤,٣٥٠	٠,٢١٢	١,٢٤٤-	٠,٣١٤
٢	سرعة الترسيب١	مم/ث	١٣,١٢٥	١٢,٥٠٠	١,٧٢٧	٠,٧٩٦-	٠,٦٣٥
٣	سرعة الترسيب٢	مم/ث	٢٥,٠٠٠	٢٤,٥٠٠	١,٨٥٢	١,٠٥٠-	٠,٥٤٠
٤	عدد كرات دم بيضاء	الف/ميكروليتر	٥,٩٥٠	٥,٩٥٠	٠,١٦٠	٠,٣١١-	٠,٠٠٠
٥	لاكتات	وحدة/ل	١٦٠,٣٧٥	١٥٩,٥٠٠	٣,٢٤٩	١,٤٧٩-	٠,٢٨٦

	متغير تهدم العضلات						
٦	كرياتين كاينيز	وحدة/ل	٢٣٨,٢٥٠	٢٣٧,٥٠٠	٥,٧٥١	١,٨٥٠-	٠,٠٧٤

الخطا المعيارى لمعامل الالتواء=٠,٧٥٢، حد معامل الالتواء عند مستوى معنوية ٠,٠٥ =١,٤٧٤

يوضح جدول (١) المتوسط الحسابي والوسيط والانحراف المعياري ومعامل الالتواء لدى افراد العينة فى المتغيرات الاساسية قيد البحث ويتضح ان قيم معامل الالتواء قد تراوحت ما بين (±٣) وهى اقل من حد معامل الالتواء مما يشير الى اعتدالية البيانات وتماثل المنحنى الاعتدالى مما يعطى دلالة مباشرة على خلو البيانات من عيوب التوزيعات الغير اعتدالية.

- قياسات الدراسة: تم قياس الطول والوزن، العمر التدريبي لبيان تجانس العينة، تم قياس متغيرات الإستجابات الإلتهابية معدل انترلوكين٦ IL6- معدل سرعة الترسيب ESR "سرعة الترسيب١ للقياس بعد الساعة الأولى-سرعة الترسيب٢ للقياس بالساعة الثانية"- عدد كرات الدم البيضاءWBC - معدل نازعة هيدروجين اللاكتيك LDH – تهدم العضلات (معدل كرياتين كاينيز CK)، وذلك بسحب عينات دم للتحليل بمعمل طبي معتمد بمدينة طنطا.

أدوات جمع البيانات: ميزان طبي لقياس الطول والوزن، استمارة جمع البيانات لتدوين كود لكل لاعب، قياسات التجانس الى جانب نتيجة التحاليل البيوكيميائية القبلية والبعدية، ادوات تطبيق التدريب اللامركزي: بار حديد، طارات حديد متعددة الاوزان، اساتك مقاومة، كرة سويدية، صندوق خطو متعدد الارتفاعات، باربل بل متعدد الاوزان، جهاز JHS.

الإجراءات: تم عمل القياس القبلي: (قبلي أول: وهو تحليل بيوكيميائي بعد أداء التدريب بنوع الإنقباض اللامركزي مباشرة- قبلي ثاني: وهو تحليل بيوكيميائي بعد أداء التدريب بنوع الإنقباض اللامركزي ب ٢٤ ساعة)، تم عمل القياسات بشهر ابريل-٢٠٢٤، تم تطبيق تدريبات بنظام الانقباض اللامركزي جدول (٢) واختارت الباحثة نوع الإنقباض اللامركزي لثبات تأثيره على زيادة الإستجابات الإلتهابية وآلآم العضلات وفق دراسات (Abaidia, A. E., et al., 2017; Peake, J. M., et al., 2017; Chen, T. C., et al., 2012)، و التي اثبتت زيادة قابلية التدريب بنوع الإنقباض اللامركزي لزيادة الألم وتهدم العضلات حتى بالشدة المنخفضة وقصر جرعة التدريب، وتحيزه لزيادة مؤشر تهدم العضلات عن غيره من أنواع الإنقباض العضلي الاخري (Damas, F., et al., 2016) ومن ثم تم عمل القياس البعدي بعد أسبوع من تناول مكمل الكركمين بالبروتوكول الحالي بموجب ١جم/ جرعة، ولثلاث جرعات يومياً قبل وبعد التمرين ولمدة أسبوع كامل: (بعدي أول: وهو تحليل بيوكيميائي بعد أداء التدريب بنوع الإنقباض اللامركزي مباشرة- بعدي ثاني: وهو تحليل بيوكيميائي بعد أداء التدريب بنوع الإنقباض اللامركزي ب ٢٤ ساعة).

جدول ٢: برنامج التمرينات بنوع الإنقباض اللامركزي المطبق بالدراسة الحالية

الهدف	التمرين	الادوات	الملاحظات
عضلات الساق	Eccentric calf raise	بار حديد بثقل	رجلين معاً-رجل

(التوأمية-النعلية-القابضة للأصابع)	من الوقوف العالي على مشط القدم: النزول للقبض الإخمصي للكاحل بسرعة، ثم العودة ببطء للقبض الظهري للكاحل		واحدة بالتبادل
عضلات الفخذ (ذات الاربع رؤوس- الضامة)	Eccentric step down الصعود على ستب للخلف ببطء والعودة بسرعة لوضع الوقوف للأمام-للجانب	بار حديد بثقل- استك مقاومة	رجل واحدة بالتبادل
عضلات الفخذ (ذات الاربع رؤوس- الضامة)	drop squat من الوقوف أمام الحائط-سند الظهر على كرة سويدية، ثني الركبتين سريعا لزاوية ٩٠درجة والصعود للرجوع للوضع الاصلي ببطء	طار حديد- باربل بل- حزام رمل- كرة سويدي	الرجلين معاً- رجل واحدة بالتبادل
عضلات خلفية للفخذ (ذات الرأسين-النصف غشائية-النصف وترية)	Overload hamstring release من وضع الجثو، الجلوس على الركبتين، تثبيت الركبتين ثم الميل للأمام ببطء حتى فشل مقاومة الجاذبية، ثم الرجوع بسرعة للوضع الاصلي	ثقل الجسم-مقاومة استك مثبت على الصدر- الزراعين خلف الجذع- مسك طار حديد- حزام رمل حول الوسط	تثبيت القدمين بمساعدة المدرب، جهاز تثبيت
عضلات خلفية للفخذ (ذات الرأسين-النصف غشائية-النصف وترية)	Eccentric bridge من وضع الرقود على الظهر، ثني الركبتين: تثبيت القدمين، رفع الحوض لأعلى نقطة بسرعة ثم النزول للوضع الاولي ببطء	تثبيت القدمين على الارض- مقعد سويدي- كرة سويدية	تثبيت القدمين معاً- قدم واحدة وتحرير الرجل الاخرى عالياً اماماً
عضلات خلفية للفخذ (ذات الرأسين-النصف غشائية-النصف وترية)	Eccentric bridge من وضع الرقود على الظهر، ثني الركبتين: تثبيت القدمين على كرة سويدية، سحب الكرة بالقدمين ببطء في اتجاة الجذع ثم الرجوع للوضع الاولي ببطء	كرة سويدية	تثبيت القدمين معاً- قدم واحدة وتحرير الرجل الاخرى عالياً اماماً
عضلات فخذ أمامي- خلفي- الضامة	Eccentric squat من الوقوف، النزول بثني الركبتين بزاوية ٩٠ درجة ببطء ثم الرجوع للوضع الاصلي	وزن الجسم- طار حديد- بار حديد-شنطة رمل	النزول والقدمين على الارض- النزول والمشطين على مقعد
عضلات الفخذ الخلفية (ذات الرأسين-النصف غشائية- النصف وترية)	Eccentric drop squat من الوقوف على ستب متعدد الارتفاع، الوثب ثم الهبوط على الامشاط مع ثني الركبتين، تكملة ثني الركبتين لزاوية حادة ببطء، ثم الوقوف	وزن الجسم- طار حديد- بار حديد	النزول بالقدمين للأمام- الهبوط بالقدمين للجانب من الستب
عضلات الفخذ الخلفية (ذات الرأسين-النصف غشائية- النصف وترية)	Overload hamstring curl من الانبطاح على جهاز JHS ، رفع ذراع الجهاز بمقاومة، لوضع ثني الركبتين ٩٠درجة، ثم النزول ببطء لبسط الركبتين	مقاومة ذراع الجهاز	الرجلين معاً- رجل واحدة مع التبديل

تراوحت شدة التدريب بين ٩٠ الى ١٢٠% من التكرار الاقصى لكل لاعب Burgos-Jara C, et al., 2023) ، بحسب تقرير اللاعب بنفسه، بمقياس الجهد البدني المدرك RPE، الى جانب خريطة الحمل البدني من الجمعية القومية للتدريب National Strength and Conditioning Association، ويقدر الثقل برفع الثقل حتى الفشل من اللاعب ومقدار النزول المركزي ٢-٣ث و٤-٦ث للامركزي.

عرض النتائج ومناقشتها

عرض النتائج: توضح جداول (٣-٨)، عرض لنتائج التحليل الإحصائي للبيانات متمثلة في تحليل التباين، أقل دلالة فروق ونسب التغير بين القياسات القبلية والبعدية.

جدول (٣)

تحليل التباين بين قياسات البحث الاربعة (القبلى الأول – القبلي الثاني- البعدي الأول- البعدي الثاني) فى متغيرات الاستجابة الإلتهابية قيد البحث

متغيرات الاستجابة	مصدر التباين	درجة	مجموع	متوسط	قيمة ف

الإلتهابية		الحرية	المربعات	المربعات	
انترلوكين٦	بين القياسات	٣	٣٧,٩١٦	١٢,٦٣٩	*١٨٢,١٨٠
	داخل القياسات	٢٨	١,٩٤٣	٠,٠٦٩	
	المجموع	٣١	٣٩,٨٥٩		
سرعة الترسيب١	بين القياسات	٣	٨٠,٠٨٦	٢٦,٦٩٥	*٢٣,٣٨١
	داخل القياسات	٢٨	٣١,٩٦٩	١,١٤٢	
	المجموع	٣١	١١٢,٠٥٥		
سرعة الترسيب٢	بين القياسات	٣	١٦٩,٨٤٤	٥٦,٦١٥	*٣١,٣١٣
	داخل القياسات	٢٨	٥٠,٦٢٥	١,٨٠٨	
	المجموع	٣١	٢٢٠,٤٦٩		
عدد كرات دم بيضاء	بين القياسات	٣	٨,٦٠٨	٢,٨٦٩	*١١٣,٧٦٣
	داخل القياسات	٢٨	٠,٧٠٦	٠,٠٢٥	
	المجموع	٣١	٩,٣١٥		
لاكتات	بين القياسات	٣	١٦٢٣,١٢٥	٥٤١,٠٤٢	*١٧٠,٦٩٥
	داخل القياسات	٢٨	٨٨,٧٥٠	٣,١٧٠	
	المجموع	٣١	١٧١١,٨٧٥		

قيمة ف الجد ولية عند درجتى حرية ٣ ، ٢٨ ومستوى معنوية ٠,٠٥= ٢,٩٥

يوضح جدول (٣) دلالة الفروق بين قياسات البحث الاربعة (القبلى الأول – القبلي الثاني- البعدي الأول- البعدي الثاني) فى متغيرات الاستجابة الإلتهابية قيد البحث عند مستوى معنوية ٠,٠٥ويتضح وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين قياسات البحث الاربعة مما دفع الباحثة الى أجراء اختبار LSD لبيان اقل دلالة فروق معنوية بين القياسات.

جدول (٤)

اقل دلالة فروق معنوية بين قياسات البحث الاربعة (القبلى الأول – القبلي الثاني- البعدي الأول- البعدي الثاني) فى متغيرات الاستجابة الإلتهابية قيد البحث

متغيرات الاستجابة الإلتهابية	القياسات	المتوسطات	فروق المتوسطات				LSD
			قبلي أول	قبلي ثاني	بعدي أول	بعدي ثاني	
انترلوكين٦	قبلي أول	٤,٣٧٥		↑*١,٣١٣	↑*٢,٢٨٨	↑*٢,٨٧٥	٠,١٣٥
	قبلي ثاني	٣,٠٦٣			↑*٠,٩٧٥	↑*١,٥٦٣	
	بعدي أول	٢,٠٨٨				↑*٠,٥٨٨	
	بعدي ثاني	١,٥٠٠					
سرعة الترسيب١	قبلي أول	١٣,١٢٥		↑*١,١٢٥	↑*٣,٠٠٠	↑*٤,٠٦٣	٠,٥٤٧
	قبلي ثاني	١٢,٠٠٠			↑*١,٨٧٥	↑*٢,٩٣٨	
	بعدي أول	١٠,١٢٥				↑*١,٠٦٣	
	بعدي ثاني	٩,٠٦٣					
سرعة الترسيب٢	قبلي أول	٢٥,٠٠٠		↑*١,١٢٥	↑*٣,٨٧٥	↑*٥,٨٧٥	٠,٦٨٨
	قبلي ثاني	٢٣,٨٧٥			↑*٢,٧٥٠	↑*٤,٧٥٠	
	بعدي أول	٢١,١٢٥				↑*٢,٠٠٠	
	بعدي ثاني	١٩,١٢٥					
عدد كرات دم بيضاء	قبلي أول	٥,٩٥٠		↑*١,١٨٨	↑*٠,٧٨٨	↑*١,٣٣٨	٠,٠٨١
	قبلي ثاني	٤,٧٦٣			↑*٠,٤٠٠	↑*٠,١٥٠	
	بعدي أول	٥,١٦٣				↑*٠,٥٥٠	
	بعدي ثاني	٤,٦١٣					

لاكتات	قبلي أول	١٦٠,٣٧٥		١٥,٥٠٠*↑	١٨,٨٧٥*↑	١٠,٨٧٥*↑	٠,٩١٢
	قبلي ثاني	١٤٤,٨٧٥			٣,٣٧٥*↑	٤,٦٢٥*→	
	بعدي أول	١٤١,٥٠٠				٨,٠٠٠*→	
	بعدي ثاني	١٤٩,٥٠٠					

يوضح جدول (٤) اقل دلالة فروق معنوية بين قياسات البحث الاربعة (القبلى الأول – القبلي الثاني- البعدي الأول- البعدي الثاني) فى متغيرات الاستجابة الإلتهابية قيد البحث.

جدول (٥)

معدل نسب التغير المئوية بين قياسات البحث الاربعة (القبلى الأول – القبلي الثاني- البعدي الأول- البعدي الثاني) فى متغيرات الاستجابة الإلتهابية قيد البحث

متغيرات الاستجابة الإلتهابية	القياسات	المتوسطات	معدل التغير			
			قبلي أول	قبلي ثاني	بعدي أول	بعدي ثاني
انترلوكين٦	قبلي أول	٤,٣٧٥		٣٠,٠٠٠	٥٢,٢٨٦	٦٥,٧١٤
	قبلي ثاني	٣,٠٦٣			٣١,٨٣٧	٥١,٠٢٠
	بعدي أول	٢,٠٨٨				٢٨,١٤٤
	بعدي ثاني	١,٥٠٠				
سرعة الترسيب١	قبلي أول	١٣,١٢٥		٨,٥٧١	٢٢,٨٥٧	٣٠,٩٥٢
	قبلي ثاني	١٢,٠٠٠			١٥,٦٢٥	٢٤,٤٧٩
	بعدي أول	١٠,١٢٥				١٠,٤٩٤
	بعدي ثاني	٩,٠٦٣				
سرعة الترسيب٢	قبلي أول	٢٥,٠٠٠		٤,٥٠٠	١٥,٥٠٠	٢٣,٥٠٠
	قبلي ثاني	٢٣,٨٧٥			١١,٥١٨	١٩,٨٩٥
	بعدي أول	٢١,١٢٥				٩,٤٦٧
	بعدي ثاني	١٩,١٢٥				
عدد كرات دم بيضاء	قبلي أول	٥,٩٥٠		١٩,٩٥٨	١٣,٢٣٥	٢٢,٤٧٩
	قبلي ثاني	٤,٧٦٣			٨,٣٩٩-	٣,١٥٠
	بعدي أول	٥,١٦٣				١٠,٦٥٤
	بعدي ثاني	٤,٦١٣				
لاكتات	قبلي أول	١٦٠,٣٧٥		٩,٦٦٥	١١,٧٦٩	٦,٧٨١
	قبلي ثاني	١٤٤,٨٧٥			٢,٣٣٠	٣,١٩٢-
	بعدي أول	١٤١,٥٠٠				٥,٦٥٤-
	بعدي ثاني	١٤٩,٥٠٠				

يوضح جدول (٥) معدل نسب التغير المئوية بين قياسات البحث الاربعة (القبلى الأول – القبلي الثاني- البعدي الأول- البعدي الثاني) فى متغيرات الاستجابة الإلتهابية قيد البحث.

جدول (٦)

تحليل التباين بين قياسات البحث الاربعة (القبلى الأول – القبلي الثاني- البعدي الأول- البعدي الثاني) فى متغير تهدم العضلات قيد البحث

متغير تهدم العضلات	مصدر التباين	درجة الحرية	مجموع المربعات	متوسط المربعات	قيمة ف*
كرياتين كاينيز	بين القياسات	٣	٨٩٥٦,٧٥٠	٢٩٨٥,٥٨٣	٢٢٦,٣٩٥*

	داخل القياسات	٢٨	٣٦٩,٢٥٠	١٣,١٨٨	
	المجموع	٣١	٩٣٢٦,٠٠٠		

قيمة ف الجد ولية عند درجتى حرية ٣ ، ٢٨ ومستوى معنوية ٠,٠٥ = ٢,٩٥

يوضح جدول (٦) دلالة الفروق بين قياسات البحث الاربعة (القبلى الأول – القبلي الثاني- البعدي الأول- البعدي الثاني) فى متغير تهدم العضلات قيد البحث عند مستوى معنوية ٠,٠٥ويتضح وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين قياسات البحث الاربعة مما دفع الباحثة الى أجراء اختبار LSD لبيان اقل دلالة فروق معنوية بين القياسات.

جدول (٧)

اقل دلالة فروق معنوية بين قياسات البحث الاربعة (القبلى الأول – القبلي الثاني- البعدي الأول- البعدي الثاني) فى متغير تهدم العضلات قيد البحث

متغير تهدم العضلات	القياسات	المتوسطات	فروق المتوسطات				LSD
			قبلي أول	قبلي ثاني	بعدي أول	بعدي ثاني	
كرياتين كاينيز	قبلي أول	٢٣٨,٢٥٠		↑*٣٧,١٧٥	↑*٣٤,٢٥٠	↑*٤٥,٣٧٥	١,٨٥٩
	قبلي ثاني	٢٠١,٠٧٥			→*٢,٩٢٥	↑*٨,٢٠٠	
	بعدي أول	٢٠٤,٠٠٠				↑*١١,١٢٥	
	بعدي ثاني	١٩٢,٨٧٥					

يوضح جدول (٧) اقل دلالة فروق معنوية بين قياسات البحث الاربعة (القبلى الأول – القبلي الثاني- البعدي الأول- البعدي الثاني) فى متغير تهدم العضلات قيد البحث.

جدول (٨)

معدل نسب التغير المئوية بين قياسات البحث الاربعة (القبلى الأول – القبلي الثاني- البعدي الأول- البعدي الثاني) فى متغير تهدم العضلات قيد البحث

متغير تهدم العضلات	القياسات	المتوسطات	معدل التغير			
			قبلي أول	قبلي ثاني	بعدي أول	بعدي ثاني
كرياتين كاينيز	قبلي أول	٢٣٨,٢٥٠		١٥,٦٠٣	١٤,٣٧٦	١٩,٠٤٥
	قبلي ثاني	٢٠١,٠٧٥			١,٤٥٥-	٤,٠٧٨
	بعدي أول	٢٠٤,٠٠٠				٥,٤٥٣
	بعدي ثاني	١٩٢,٨٧٥				

يوضح جدول (٨)، معدل نسب التغير المئوية بين قياسات البحث الاربعة (القبلى الأول – القبلي الثاني- البعدي الأول- البعدي الثاني) فى متغير تهدم العضلات قيد البحث.

مناقشة النتائج: الكركمين، المستخلص الرئيسي في توابل الكركم، واللذي كان ولازال محور الدراسات المختلفة التي تعنى باستعادة الإستشفاء لجسم الرياضيي بعد ممارسة التمارين الرياضية. استخدمت الباحثة الكركمين ما قبل وبعد التدريب بسبع ٧ ايام لما له من تأثير ناجع في خفض مؤشرات الإلتهاب.

برنامج التدريب بنوع الانقباض اللامركزي والذي تراوحت شدته ما بين ٩٠ الى ١٢٠% من التكرار الأقصى للاعبين لما له من تأثير قوي على زيادة القوة العضلية لكن بالتوازي مع زيادة مؤشرات الإلتهاب (Harden, M., et al. 2020) ، وهذا ما دعى الباحثة لاستخدام مكمل غذائي يعمل على خفض تلك المؤشرات.

بالنسبة لمعدل الانترلوكين٦ بالقياس القبلي الثاني، ارتفعت القراءات بمتوسط حسابي ٤,٣٧٥ بيكوغرام/مل، وبالرغم انه لم يتعدى المعدلات والتي قد تصل ل ٢٠ ضعف من المعدلات

الطبيعية في وقت الراحة، دراسة (Nash, D., (2023، أشارت الى معدلات والتي تتراوح من (١:٥ بيكوغرام/مل)، ولكنها تعتبر زيادة ذات دلالة احصائية بالمقارنة لمرجع التحليل بالمعمل المختص، ويعضد ذلك دراسة (Goussetis, E., et al., (2009 والتي اشارت الى ان الزيادة الحادة والتي تصل ل ١٠٠ ضعف من معدلات الراحة للانترلوكين٦ ترتبط بالمقام الاول بالتدريب متوسط الشدة وطويل الامد بينما تقل معدلات الزيادة لتدريب المقاومات والقصير الامد.

اما بالقياس البعدي الثاني فانخفضت القراءات بمتوسط حسابي ١,٥٠٠ بيكوغرام/مل، وكانت أعلى معدلات التغير بنسبة ٦٥,٧١٤% بعد ٢٤ ساعة من التدريب وما بعد أسبوع من تناول مكمل الكركمين، ويتماشى ذلك مع الدراسات السابقة والتي تؤكد على هبوط معدلات الإلتهاب لما بعد التدريب عالي الشدة ب ٢٤ ساعة (Makiel, K., et al. 2023; Tanabe, Y., et al., 2019).

معدلات سرعة الترسيب ارتفعت بالقياس القبلي الاول بشكل ملحوظ كاستجابة التهابية للشدة العالية للتدريب، حيث يعتبر سرعة الترسيب دلالة مبكرة عن وجود التهابات مرتبط بالعمل العضلي بالجسم (Tishkowski, K., & Gupta, V. 2023; Cerqueira, É., et al., 2020)، والتي كانت اكبر من معدلات الدراسات السابقة (Wardyn, G. G., et al., (2008، بمتوسط حسابي ١٣مم/ث للساعة الأولى و٢٥مم/ث للساعة الثانية أما القياس القبلي الثاني فاظهر ارتفاع ملحوظ أيضاً لكن بشكل أقل من القياس القبلي بمتوسط حسابي ١٢ مم/ث ، ٢٣ مم/ث للقياس بالساعة الأولى والثانية على التوالي ويدل ذلك على أهمية تناول مكمل الكركمين (Tanabe, Y., et al., (2019. انخفضت قراءات سرعة الترسيب بالقياس البعدي الثاني بشكل أفضل بالمقارنة بالقياس القبلي الثاني بمتوسط حسابي ٩ مم/ث، ١٩ مم/ث بأعلى معدلات تغير بنسبة ٣٠,٩٥٢% للساعة الأولى و٢٣,٥٠٠% للساعة الثانية.

تؤثر مكملات مضادات الإلتهاب كالكركمين على معدلات الإلتهاب كأعداد كرات الدم البيضاء والتي تزداد كاستجابة مناعية، بالنسبة لعدد كرات الدم البيضاء فأظهرت ارتفاع ملحوظ لما بعد التمرين مباشرة بالقياس القبلي الأول بمتوسط حسابي٥,٩٥٠ الف/ميكروليتر ويتماشى ذلك مع دراسة (Chung, PS., et al., (2020 حيث اشار الى ارتباط ارتفاع أعداد كرات الدم البيضاء مع شدة الحمل بالتدريب ولذا فارتفاع اعداد الدراسة الحالية متوسط يتماشى مع التدريب العالي الشدة للإنقباض اللامركزي والوقت القصير، بينما انخفضت قراءات القياس القبلي الثاني بعد ٢٤ ساعة من التدريب الى معدلات اقرب للطبيعية.

ويتماشى ذلك مع دراسات (Campbell, M. S., et al (2021 حيث انتجت دراسته زيادة اعداد كرات الدم البيضاء بشكل عام الى ١١ الف/ميكروليتر، وازدادت اعداد النيتروفيل لمدى ٤,٥ الف/ميكروليتر بينما ازدادت اعداد الليمفوسايت لمدى ٥,٩ الف/ميكروليتر وذلك قبل ٣٠دقيقة بعد انتهاء التمرين، انخفضت قراءات البعدي الثاني بمتوسط حسابي ٤,٦١٣ الف/ميكروليتر وبنسب تغير وتحسن عن القياس القبلي الأول ب٢٢,٤٧٩%.

اللاكتات ارتفعت بشكل ملحوظ لما بعد التمرين مباشرة بالقياس القبلي الأول بمتوسط حسابي ١٦٠,٣٧٥ وحدة/ل ويتماشى ذلك مع نتائج الدراسات السابقة (Gomes, J. H., et al., 2020) ، بينما ارتفعت بشكل أكبر بدراسة (Sajedi, Heidar et al. (2023 الى٢٧٠ وحدة/ل، ومن ثم انخفضت بعد استخدام الكركمين الى ٢٤٥ وحدة/ل، أما بالقياس القبلي الثاني فكانت المعدلات بالمتوسطات الطبيعية. القياس البعدي الأول أظهر ارتفاع ملحوظ ايضاً بمتوسط أقل من القياس القبلي الأول يصل ل ١٤١,٥٠٠ وحدة/ل وكانت أفضل نسب تغير للأحسن ما بين القياس القبلي

الأول والقياس البعدي الأول ب١١,٧٦٩% ويؤكد ذلك على تأثير تناول الكركمين على كفاءة الجسم على التخلص من نواتج الاحتراق خاصة بالتدريب عالي الشدة.

بالنسبة لتهدم العضلات فاتفقت جميع الدراسات على مع نتائج الدراسة الحالية في انخفاض مؤشرات تهدم العضلات نتيجة تناول الكركمين ولكن بنسب متفاوتة. انتجت الدراسة الحالية ارتفاع ملحوظ في مؤشرات تهدم العضلات بالقياس القبلي الأول وبمتوسط حسابي ٢٣٨,٢٥٠ وحدة/ل ويتماشى ذلك مع نتائج دراسات (Gomes, J. H., et al 2020) والتي انتجت معدل كرياتين كاينيز ب٢٢٦,٧ وحدة/ل، بينما انخفضت القراءات لما بعد التدريب ب ٢٤ ساعة بالقياس القبلي الثاني بمتوسط حسابي٢٠١,٠٧٥ وحدة/ل، ولكن الانخفاض الأكبر كان بالقياس البعدي الثاني بمتوسط حسابي ١٩٢,٨٧٥ وحدة/ل، وبمعدل تغير للأفضل في خفض معدلات تهدم العضلات بنسبة ١٩,٠٤٥% ما بين القياس القبلي الأول والبعدي الثاني نتيجة تناول الكركمين لمدة اسبوع ويشير ذلك بالخواص الوقائية لمكمل الكركمين من تهدم العضلات بصورة تكسير البروتين بالدم. انخفضت قراءات دراسة Beba, M., et al, (2022) لمعدل ٦٥,٩٨ وحدة/ل لما بعد استخدام الكركمين وارتفعت بدراسة Sajedi, Heidar et al. (2023) الى ٣٠١,٦ ثم انخفضت بعد استخدام الكركمين ل ٢٦١ وحدة/ل، تشير دراسة Nanavati, K., et al. (2022) الى ارتفاع معدلات الكاينيز الى ٢٨٧ وحدة/ل ومن ثم انخفضت الى ١٩٩,٦٢ وحدة/ل وخاصة بالجرعات العالية من الكركمين مما يتوافق مع أهمية الجرعات العالية ومنها المستخدم بالدراسة الحالية وهي ٣جم مقسمة الى ٣ جرعات يومياً.

انتجت الدراسة الحالية انخفاض ملحوظ في معدلات الإلتهاب وتهدم العضلات بأعلى نسب تحسن٦٥,٧١٤%، ٣٠,٩٥٢%، ٢٢,٤٧٩، ١٩,٠٤٥%، و٦,٧٨١% متمثلة في معدلات انترلوكين٦، سرعة الترسيب، عدد كرات الدم البيضاء، كرياتين الكاينيز، واللاكتات بالترتيب وتماشى ذلك مع نتائج الدراسات السابقة: Campbell, M. S., et al (2021), Tanabe, Y., et al, (2019) والتي أثبتت أن المكملات المعتمدة على الكركمين قد ساهمت في تحسين القياسات الذاتية للألم والحساسية، وتقليل مؤشرات تهدم العضلات، وتحسين العلامات الإلتهابية، وزيادة علامات القدرة المضادة للأكسدة، وتقليل علامات الإجهاد التأكسدي.

وقد يتضاد مع نتائج دراسة Tanabe, Y., (2019) والتي اثبتت عدم جوهرية الفروق الاحصائية بين القياسات القبلية والبعدية لتناول الكركمين وذلك بمؤشرات الإلتهاب ما عدا انخفاض بمعدلات كرياتين الكاينيز من ٣-٧ أيام ما بعد التمرين ومع تناول الكركمين قبل التمرين.

ومن القراءات السابقة نرى فعالية تناول مكمل الكركمين قبل التمرين بالشدة العالية وخاصة من نوع الانقباض اللامركزي وتماشى ذلك مع الدراسات السابقة والتي اثبتت فعالية تناول الكركمين ما قبل التمرين مباشرة وما قبل التمرين ب اسبوع وبجرعات تراحت ما بين ٠,٥ الى ٣جم من الكركمين Tanabe, Y., et al. (2019); Beba, M., et al. (2022); وزادت ل ٥ جم بدراسة Yoon, W. Y., et al. (2020), Nanavati, K., et al. (2022)

الإستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات: - تناول مكمل الكركمين يؤثر ايجابياً في معدلات مؤشرات الإلتهاب بالجسم وخاصة المتسبب بها التدريب عالي الشدة، وتختلف الإستجابات حيث كانت أفضل نتائج في صالح خفض معدلات انترلوكين٦، سرعة الترسيب، عدد كرات الدم البيضاء، كرياتين الكاينيز، واللاكتات بالترتيب.

- جرعة ٣جم/ باليوم مقسمة على ٣ جرعات كانت ناجحة في خفض الإستجابات الإلتهابية.
- جرعة ٣جم/ باليوم مقسمة على ٣ جرعات كانت ناجحة في خفض تهدم العضلات الناتج عن التدريب عالي الشدة بنوع الإنقباض اللامركزي.

التوصيات: - توصي الباحثة بتناول المكمل الكركمين لخفض الإستجابات الإلتهابية لدى اللاعبين.

- توصي الباحثة بتكرار التجربة باستخدام جرعات مختلفة ولمدد مختلفة وبتطبيق بروتوكولات تدريبية مختلفة.

المراجـــع

Abaidia, A. E., Delecroix, B., Leduc, C., Lamblin, J., McCall, A., Baquet, G., & Dupont, G. (2017). Effects of a strength training session after an exercise inducing muscle damage on recovery kinetics. Journal of Strength and Conditioning Research, 31(1), 115–125. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001479

Amalraj, A., Divya, C., & Gopi, S. (2020). The Effects of Bioavailable Curcumin (Cureit) on Delayed Onset Muscle Soreness Induced By Eccentric Continuous Exercise: A Randomized, Placebo-Controlled, Double-Blind Clinical Study. *Journal of medicinal food*, *23*(5), 545–553. https://doi.org/10.1089/jmf.2019.4533

Amalraj, A., Pius, A., Gopi, S., & Gopi, S. (2016). Biological activities of curcuminoids, other biomolecules from turmeric and their derivatives - A review. *Journal of traditional and complementary medicine*, *7*(2), 205–233. https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.05.005

Barry J, Fritz M, Brender JR, Smith PE, Lee DK, Ramamoorthy A (2009) Determining the efects of lipophilic drugs on membrane structure by solid-state NMR spectroscopy: the case of the antioxidant curcumin. J Am Chem Soc 131(12):4490–4498. https://doi.org/10.1021/ja809217u

Basham SA, Waldman HS, Krings BM, Lamberth J, Smith JW, McAllister MJ (2019) Efect of curcumin supplementation on exercise-induced oxidative stress, infammation, muscle damage, and muscle soreness. J Diet Suppl 17:1–14. https://doi.org/ 10.1080/19390211.2019.1604604

Beba, M., Mohammadi, H., Clark, C. C. T., & Djafarian, K. (2022). The effect of curcumin supplementation on delayed-onset muscle soreness, inflammation, muscle strength, and joint flexibility: A systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *Phytotherapy research : PTR*, *36*(7), 2767–2778. https://doi.org/10.1002/ptr.7477

Burgos-Jara C, Cerda-Kohler H, Aedo-Muñoz E, Miarka B. Eccentric Resistance Training: A Methodological Proposal of Eccentric Muscle Exercise Classification Based on Exercise Complexity, Training Objectives, Methods, and Intensity. *Applied Sciences*. 2023; 13(13):7969. https://doi.org/10.3390/app13137969

Cadegiani, F. A., Kater, C. E., & Gazola, M. (2019). Clinical and biochemical characteristics of high-intensity functional training (HIFT) and overtraining syndrome: findings from the EROS study (The EROS-HIFT). *Journal of sports sciences*, *37*(11), 1296–1307. https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1555912

Campbell, M. S., Carlini, N. A., & Fleenor, B. S. (2021). Influence of curcumin on performance and post-exercise recovery. Critical reviews in food science and nutrition, 61(7), 1152–1162. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1754754

Cerqueira, É., Marinho, D. A., Neiva, H. P., & Lourenço, O. (2020). Inflammatory Effects of High and Moderate Intensity Exercise-A Systematic Review. Frontiers in physiology, 10, 1550. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01550

Chen, T. C., Chen, H. L., Pearce, A. J., & Nosaka, K. (2012). Attenuation of eccentric exercise-induced muscle damage by preconditioning exercises. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *44*(11), 2090–2098. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31825f69f3

Chung, PS., Tsai, KZ., Lin, YP. *et al.* (2020). Association between Leukocyte Counts and Physical Fitness in Male Military Members: The CHIEF Study. *Sci Rep* **10**, 6082 https://doi.org/10.1038/s41598-020-63147-9

Damas, F., Nosaka, K., Libardi, C. A., Chen, T. C., & Ugrinowitsch, C. (2016). Susceptibility to exercise-induced muscle damage: A cluster analysis with a large sample. International Journal of Sports Medicine, 37(8), 633–640. https://doi.org/10.1055/s-0042-100281

Delecroix, B., Abaïdia, A. E., Leduc, C., Dawson, B., & Dupont, G. (2017). Curcumin and Piperine Supplementation and Recovery Following Exercise Induced Muscle Damage: A Randomized Controlled Trial. *Journal of sports science & medicine*, *16*(1), 147–153.

Drobnic, F., Riera, J., Appendino, G., Togni, S., Franceschi, F., Valle, X., Pons, A., & Tur, J. (2014). Reduction of delayed onset muscle soreness by a novel curcumin delivery system (Meriva®): a randomised, placebo-controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *11*, 31. https://doi.org/10.1186/1550-2783-11-31

Gomes, J. H., Mendes, R. R., Franca, C. S., Da Silva-Grigoletto, M. E., Pereira da Silva, D. R., Antoniolli, A. R., de Oliveira E Silva, A. M., & Quintans-Júnior, L. J. (2020). Acute leucocyte, muscle damage, and stress marker responses to high-intensity functional training. *PloS one*, *15*(12), e0243276. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243276

Goussetis, E., Spiropoulos, A., Tsironi, M., Skenderi, K., Margeli, A., Graphakos, S., Baltopoulos, P., & Papassotiriou, I. (2009). Spartathlon, a 246 kilometer foot race: effects of acute inflammation induced by prolonged exercise on circulating progenitor reparative cells. Blood cells, molecules & diseases, 42(3), 294–299. https://doi.org/10.1016/j.bcmd.2009.01.003

Harden, M., Bruce, C., Wolf, A., Hicks, K. M., & Howatson, G. (2020). Exploring the practical knowledge of eccentric resistance training in high-performance strength and conditioning practitioners. International Journal of Sports Science & Coaching, 15(1), 41-52. https://doi.org/10.1177/1747954119891154

Hegde, M., Girisa, S., BharathwajChetty, B., Vishwa, R., & Kunnumakkara, A. B. (2023). Curcumin Formulations for Better Bioavailability: What We Learned from Clinical Trials Thus Far *ACS omega*, *8*(12), 10713–10746. https://doi.org/10.1021/acsomega.2c07326

Kawanishi, N., Kato, K., Takahashi, M., Mizokami, T., Otsuka, Y., Imaizumi, A., Shiva, D., Yano, H., & Suzuki, K. (2013). Curcumin attenuates oxidative stress following downhill running-induced muscle damage. *Biochemical and biophysical* researchcommunications, 441(3), 573–578. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2013.10.119

Makiel, K., Suder, A., Targosz, A., Maciejczyk, M., & Haim, A. (2023). Effect of Exercise Interventions on Irisin and Interleukin-6 Concentrations and Indicators of Carbohydrate Metabolism in Males with Metabolic Syndrome. *Journal of clinical medicine*, *12*(1), 369. https://doi.org/10.3390/jcm12010369

Mallard, A. R., Briskey, D., Richards BExSSc, A., & Rao, A. (2021). Curcumin Improves Delayed Onset Muscle Soreness and Postexercise Lactate Accumulation. *Journal of dietary supplements*, *18*(5), 531–542. https://doi.org/10.1080/19390211.2020.1796885

McFarlin, B. K., Venable, A. S., Henning, A. L., Sampson, J. N., Pennel, K., Vingren, J. L., & Hill, D. W. (2016). Reduced inflammatory and muscle damage biomarkers following oral supplementation with bioavailable curcumin. *BBA clinical*, *5*, 72–78. https://doi.org/10.1016/j.bbacli.2016.02.003

Merry TL, Ristow M (2016) Do antioxidant supplements interfere with skeletal muscle adaptation to exercise training? J Physiol 594(18):5135–5147. https://doi.org/10.1113/jp270654

Ms, S. A. B., Waldman PhD, H. S., Krings PhD, B. M., Lamberth PhD, J., Smith PhD, J. W., & McAllister PhD, M. J. (2020). Effect of Curcumin Supplementation on Exercise-Induced Oxidative Stress, Inflammation, Muscle Damage, and Muscle Soreness. *Journal of dietary supplements*, *17*(4), 401–414. https://doi.org/10.1080/19390211.2019.1604604

Nanavati, K., Rutherfurd-Markwick, K., Lee, S. J., Bishop, N. C., & Ali, A. (2022). Effect of curcumin supplementation on exercise-induced muscle damage: a narrative review. *European journal of nutrition*, *61*(8), 3835–3855. https://doi.org/10.1007/s00394-022-02943-7

Nash, D., Hughes, M. G., Butcher, L., Aicheler, R., Smith, P., Cullen, T., & Webb, R. (2023). IL-6 signaling in acute exercise and chronic training: Potential consequences for health and athletic performance. Scandinavian journal of medicine & science in sports, 33(1), 4–19. https://doi.org/10.1111/sms.14241

Nicol, L. M., Rowlands, D. S., Fazakerly, R., & Kellett, J. (2015). Curcumin supplementation likely attenuates delayed onset muscle soreness (DOMS). *European journal of applied physiology*, *115*(8), 1769–1777. https://doi.org/10.1007/s00421-015-3152-6

Panahi Y, Hosseini MS, Khalili N, Naimi E, Simental-Mendía LE, Majeed M, Sahebkar A (2016) Efects of curcumin on serum cytokine concentrations in subjects with metabolic syndrome: a post-hoc analysis of a randomized controlled trial. Biomed Pharmacother 82:578–582. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.05.

Peake, J. M., Neubauer, O., Della Gatta, P. A., & Nosaka, K. (2017). Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of Applied Physiology*, *122*(3), 559-570.

Sajedi, Heidar; Atasoy, Taner; Bas, Mustafa; Bayram, Metin; Şam, Cemil Uğrulhan. (2023). effect of a two-week turmeric-curcumin herbal supplementation on muscle damage indices after resistance training in athletes, journal of pharmaceutical negative results, vol 14, p1412. doi: 10.47750/pnr.2023.14.s02.171

Schoenfeld BJ (2012) The use of nonsteroidal anti-infammatory drugs for exercise-induced muscle damage. Sports Med 42(12):1017–1028. https://doi.org/10.1007/BF03262309

Tanabe Y, Chino K, Sagayama H, Lee HJ, Ozawa H, Maeda S, Takahashi H (2019) Efective timing of curcumin ingestion to attenuate eccentric exercise-induced muscle soreness in Men. J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo) 65(1):82–89. https://doi.org/10.3177/jnsv.65.82

Tanabe, Y., Chino, K., Ohnishi, T., Ozawa, H., Sagayama, H., Maeda, S., & Takahashi, H. (2019). Effects of oral curcumin ingested before or after eccentric exercise on markers of muscle damage and inflammation. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *29*(4), 524–534. https://doi.org/10.1111/sms.13373

Tanabe, Y., Maeda, S., Akazawa, N., Zempo-Miyaki, A., Choi, Y., Ra, S. G., Imaizumi, A., Otsuka, Y., & Nosaka, K. (2015). Attenuation of indirect markers of eccentric exercise-induced muscle damage by curcumin. *European journal of applied physiology*, *115*(9), 1949–1957. https://doi.org/10.1007/s00421-015-3170-4

Tishkowski, K., & Gupta, V. (2023). Erythrocyte Sedimentation Rate. In StatPearls. StatPearls Publishing.

Tommy Lundberg, Jamie McPhee, (2020). A Comprehensive Guide to Sports Physiology and Injury Management, Elsevier, London.

U.S. Food and Drug Administration. (2023). Facts About the Current Good Manufacturing Practices (CGMP). FDA.

Wardyn, G. G., Rennard, S. I., Brusnahan, S. K., McGuire, T. R., Carlson, M. L., Smith, L. M., McGranaghan, S., & Sharp, J. G. (2008). Effects of exercise on hematological parameters, circulating side population cells, and cytokines. Experimental hematology, 36(2), 216–223. https://doi.org/10.1016/j.exphem.2007.10.003

Yoon, W. Y., Lee, K., & Kim, J. (2020). Curcumin supplementation and delayed onset muscle soreness (DOMS): effects, mechanisms, and practical considerations. *Physical activity and nutrition*, *24*(3), 39–43. https://doi.org/10.20463/pan.2020.0020

https://www.tga.gov.au/news/safety-alerts/medicines-containing-turmeric-or-curcumin-risk-liver-injury