HNSJ Humanities & Natural Sciences Journal
ISSN: (e) 2709-0833
www.hnjournal.net

مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية
مجلة علمية محكمة (التصنيف: NSP)
معامل التأثير العربي للعام 2024 = 0.44

تأثير نمط التغذية والتوقيت الحركي على مؤشرات الميكروبيوم المعوي (GUT MICROBIOME) والاستجابة المناعية لدى رياضيي المستويات العليا

ليث رشيد عبدالستار[1]

[1] المديرية العامة لتربية ديالى / قسم الإعداد والتدريب / شعبة البحوث والدراسات، العراق.

HNSJ, 2026, 7(11); https://doi.org/10.53796/hnsj711/20
المعرف العلمي العربي للأبحاث: https://arsri.org/10000/711/20

تاريخ الاستقبال: 2026/10/10م تاريخ القبول: 2026/10/17م تاريخ النشر: 2026/11/01م

المستخلص

هدفت الدراسة الحالية إلى الكشف عن أثر تطبيق برنامج تغذوي متكامل مبني على أساس التوقيت الحركي للتغذية (Chrononutrition) على مؤشرات بيئة الميكروبيوم المعوي (Gut Microbiome Diversity)، والأجسام المضادة المخاطية (sIgA)، والسيتوكينات الالتهابية (IL-6, TNF-alpha) لدى رياضيي المستويات العليا. تكونت عينة الدراسة من (24) لاعباً من نخبة رياضيي الماراثون والدراجات، تم تقسيمهم بالتكافؤ إلى مجموعتين: مجموعة تجريبية طبقت برنامج التوقيت الحركي التغذوي الموجه مع التدريبات، ومجموعة ضابطة اعتمدت النمط التغذوي التقليدي، أظهرت المعالجات الإحصائية المتقدمة وجود فروق ذات دلالة إحصائية ($P < 0.05$) لصالح القياس البعدي للمجموعة التجريبية في زيادة تنوع بكتيريا الأمعاء النافعة، وانخفاض معنوي في مؤشرات الالتهاب الجهازي الحاد، مع تحسن واضح في استجابة المناعة المخاطية وارتفاع الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة (SCFAs)، وقد بينت الدراسة ان نمط التغذية يؤثر بشكل مباشر على تنوع ووفرة البكتريا النافعة داخل الامعاء، لأن النظم الغذائية الغنية بالألياف تعزز من نمو البكتريا المفيدة بينما الانظمة الغنية بالدهون تؤدي الى اختلال التوازن الميكروبي، وتوصي الدراسة باعتماد استراتيجيات التوقيت الحركي التغذوي ضمن المنظومة التدريبية والنظام الصحي للاعبي المنتخبات الوطنية.

الكلمات المفتاحية: الميكروبيوم المعوي؛ نمط التغذية؛ التوقيت الحركي؛ sIgA؛ السيتوكينات الالتهابية؛ SCFAs.

Effects of Dietary Pattern and Nutrient Timing on Gut Microbiome Indicators and Immune Response in Elite Athletes

Laith Rasheed Abdul Sattar[1]

[1] Directorate General of Education in Diyala / Preparation and Training Department / Research and Studies Division, Iraq.

HNSJ, 2026, 7(11); https://doi.org/10.53796/hnsj711/20
Arabic Scientific Research Identifier: https://arsri.org/10000/711/20

Received at 10/10/2026 **Accepted at 17/10/2026** **Published at 01/11/2026**

Abstract

This study examined the effects of an integrated chrononutrition programme on gut microbiome diversity, secretory immunoglobulin A (sIgA), and inflammatory cytokines (IL-6 and TNF-alpha) in elite athletes. Twenty-four elite marathon runners and cyclists were divided equally into two matched groups: an experimental group following a training-aligned nutrient-timing programme and a control group following a conventional dietary pattern. Statistical analyses showed significant differences ($P < 0.05$) favouring the experimental group's post-intervention measurements, including increased beneficial gut bacterial diversity, reduced acute systemic inflammatory markers, improved mucosal immune response, and increased short-chain fatty acids (SCFAs). The study indicated that dietary patterns directly influence the diversity and abundance of beneficial intestinal bacteria: fibre-rich diets promote beneficial bacterial growth, whereas high-fat diets may disrupt microbial balance. It recommends incorporating nutrient-timing strategies into training programmes and health regimens for national-team athletes.

Keywords: Gut microbiome; Dietary pattern; Nutrient timing; sIgA; Inflammatory cytokines; SCFAs.

المقدمة :

شهدت العلوم الرياضية في العقود الأخيرة طفرة نوعية انتقلت فيها من التركيز على الجوانب البدنية والتكتيكية المباشرة إلى الغوص في التفاصيل الفيزيولوجية والبيوكيميائية الدقيقة، إذ لم يعد إعداد رياضي المستويات العليا واعتلاء منصات التتويج يعتمد فقط على زيادة حجم وشكّة الأحمال التدريبية، بل أصبح مرهوناً بقدرة الأجهزة الوظيفية للجسم على الاستشفاء والتكيف البيولوجي الفعّال مع تلك الأحمال الشديدة.

وفي هذا السياق، برز الجهاز الهضمي والبيئة الميكروبية المعوية (Gut Microbiome) كإحدى أهم المنظومات الحيوية التي تحكم صحة الرياضي وكفاءته البدنية. إذ تحتوي الأمعاء البشرية على ترليونات من الكائنات الحية الدقيقة التي لا تقتصر وظيفتها على هضم الطعام فحسب، بل تمتد لتشكل مركز ثقل المنظومة المناعية، حيث يقع نحو 70% إلى 80% من الخلايا المناعية للجسم في الأنسجة اللمفاوية المرتبطة بالأمعاء (GALT).

إن الرياضيين في رياضة النخبة يخضعون لجهد بدني وتنافسي فائق يؤدي في كثير من الأحيان إلى اضطراب بيئة الأمعاء، وهو ما يعزز ظهور مفهوم حديث يسمى (التوقيت الحركي للتغذية) (Chrononutrition)، حيث يرتكز هذا المفهوم على مزاوجة نوعية وكمية العناصر الغذائية المتناولة مع مواعيد المجهود البدني والساعة البيولوجية للإنسان (Circadian Rhythm)، وذلك بغية تعظيم كفاءة الامتصاص الخلوي، وتخفيف الإجهاد التأكسدي، وحماية البكتيريا النافعة المعوية.

من جانب آخر برز مفهوم التوقيت الحركي او ما يعرف بـ(الساعة البيولوجية للحركة) كعامل مهم في تنظيم الميكروبيوم، لأن ممارسة النشاط البدني في أوقات محددة من اليوم والالتزام بروتين حركي منتظم يؤثران على إفراز الهرمونات والانزيمات الهاضمة مما ينعكس على بيئة الامعاء.

أصبح النشاط البدني يُنظر اليه اليوم ليس فقط كوسيلة لحرق السعرات وتحسين اللياقة، بل كمحفز بيولوجي قوي لصحة الامعاء، حيث تشير الابحاث الحديثة إلى ان للرياضة تأثير مباشر على تركيب وتنوع الميكروبيوم المعوي، لأن الرياضة المعتدلة تزيد من تنوع البكتريا النافعة في الامعاء وكلما زاد التنوع زادت مقاومة الجسم للأمراض والالتهابات، وكذلك فإن التمرين المنتظم يقوي الوصلات الضيقة بين خلايا الامعاء فيقلل من تسرب السموم والبكتريا للدم.

أهمية البحث:

تتجلى أهمية هذا البحث في كونه يمثل دراسة فيزيولوجية–تغذوية تطبيقية سبّاقة في البيئة الأكاديمية العربية، حيث تسعى إلى الربط المباشر بين استراتيجيات التوقيت التغذوي الحركي، وتكوين الميكروبيوم المعوي، والاستجابة المناعية الجسدية لدى رياضيي النخبة، مما يرفد المكتبة الرياضية بإطار علمي وميداني مبني على الدليل الدقيق.

مشكلة البحث:

تتلخص مشكلة البحث في المعضلة الفيزيولوجية التي يواجهها رياضيّو المستويات العليا أثناء فترة الإعداد التنافسي والأحمال الشديدة؛ إذ يتسبب التدريب البدني المكثف المتواصل في حدوث ظاهرة تحويل مجرى الدم (Splanchnic Hypoperfusion) بتركيز الدم نحو العضلات العاملة على حساب الجهاز الهضمي. هذا نقص التروية المؤقت ينتج عنه إجهاد تأكسدي في خلايا الجدار المعوي، ويتسبب في حدوث ما يُعرف بـ 'متلازمة الأمعاء المترشحة' (Leaky Gut Syndrome).

هذه المتلازمة تسمح بتسرب السموم البكتيرية (Lipopolysaccharides – LPS) والبروتينات الغريبة من تجويف الأمعاء إلى مجرى الدم، مما يستحث الجهاز المناعي بشكل مفرط ويؤدي إلى حدوث التهابات جهازية منخفضة الحدة (Systemic Low–Grade Inflammation)، تنعكس في صورة ارتفاع السيتوكينات الالتهابية مثل (IL–6) و

(TNF-alpha). وفي المقابل، ينخفض مستوى الأجسام المضادة المخاطية اللعابية (sIgA)، مما يجعل الرياضي عرضة لعدوى الجهاز التنفسي العلوي (URTI) وتراجع أدائه البدني والذهني وتأخر استشفائه.

وعلى الرغم من الوعي المتزايد بأهمية التغذية، إلا أن معظم الاستراتيجيات التغذوية المتبعة في الوسط الرياضي المحلي والعربي تركز فقط على إجمالي السعرات الحرارية والنسب المئوية للمغذيات الكبرى دون أدنى اعتبار لـ 'التوقيت الحركي والزمني' لتناول هذه المغذيات بالنسبة لزمن التدريب. وبناءً على ذلك، تتبلور مشكلة البحث في السؤال الرئيس التالي: ما هو أثر تطبيق برنامج تغذوي قائم على التوقيت الحركي على مؤشرات الميكروبيوم المعوي والاستجابة المناعية لدى رياضيي المستويات العليا؟

أهداف البحث:

1.التعرف على الفروق الإحصائية في مؤشرات التنوع الميكروبي المعوي (نسبة Firmicutes/Bacteroidetes والأحماض الدهنية قصيرة السلسلة SCFAs) بين القياسات القبلية والبعدية لدى مجموعتي البحث.

2. الكشف عن أثر برنامج التوقيت الحركي للتغذية على الاستجابة المناعية المخاطية المتمثلة في تركيز الأجسام المضادة اللعابية (sIgA) لدى رياضيي المستويات العليا.

3. رصد التغيرات البيوكيميائية في تركيز السيتوكينات المحفزة للالتهاب (IL-6 و TNF-alpha) عقب تطبيق البرنامج المقترح.

4. تحديد طبيعة ونوع العلاقات الارتباطية بين مؤشرات التنوع البكتيري المعوي ومعدلات الاستجابة المناعية ومستويات الالتهاب لدى الرياضيين.

فروض البحث:

1. توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين القياسين القبلي والبعدي ولصالح القياس البعدي للمجموعة التجريبية في مؤشرات التنوع الميكروبي المعوي (زيادة البكتيريا النافعة وارتفاع SCFAs).

2. توجد فروق ذات دلالة إحصائية في القياس البعدي بين المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة ولصالح المجموعة التجريبية في ارتفاع تركيز الأجسام المضادة المخاطية (sIgA).

3. توجد فروق معنوية بين القياسين القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية في انخفاض تركيز السيتوكينات الالتهابية (IL-6 و TNF-alpha).

4. توجد علاقة ارتباطية إحصائية موجبة بين تنوع الميكروبيوم المعوي ومستوى الأجسام المضادة sIgA وعلاقة عكسية مع السيتوكينات الالتهابية.

مجالات البحث:

• المجال البشري: عينة عمدية من لاعبي النخبة في رياضات التحمل (عداؤو الماراثون وسائقو الدراجات الهوائية) البالغ عددهم (24) لاعباً مُسجلين رسمياً في المنتخبات الوطنية.

• المجال الزمني: تم تنفيذ التجربة الأساسية والتحاليل البيولوجية خلال الفترة الممتدة من 10 يناير 2026 إلى 15 مارس 2026.

• المجال المكاني: المركز الرياضي التخصصي لإعداد المنتخبات الوطنية، والمختبر البيوكيميائي التخصصي للتحاليل الجينية والمناعية.

الإطار النظري

1. الميكروبيوم المعوي وعلاقته بالنشاط الرياضي

يشير الميكروبيوم المعوي إلى المنظومة الميكروبية ومادتها الوراثية ووظائفها في الأمعاء، بينما تصف الميكروبيوتا الكائنات الدقيقة نفسها. وتتأثر هذه المنظومة بالغذاء والنشاط البدني والأدوية والخصائص الفردية. وتناقش الأدبيات الرياضية إسهامها المحتمل في استقلاب المغذيات وتنظيم المناعة وصحة الجهاز الهضمي، مع ضرورة الفصل بين الارتباطات الملحوظة لدى الرياضيين وإثبات أن الميكروبيوم يسبب تحسناً في الأداء (Mohr et al., 2020).

وقد أظهرت دراسة تدخلية لدى بالغين قليلي النشاط أن ستة أسابيع من تدريب التحمل أحدثت تغيرات في تركيب الميكروبيوتا ووظيفتها، وأن زيادة الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة ظهرت لدى المشاركين النحفاء دون المصابين بالسمنة، وتراجعت تغيرات كثيرة بعد إيقاف التدريب. وتدل هذه النتائج على اختلاف الاستجابة بحسب خصائص المشاركين واستمرار النشاط، ولا يصح تعميمها مباشرة على رياضيي النخبة (Allen et al., 2018).

2. نمط التغذية والأحماض الدهنية قصيرة السلسلة

يوفر الغذاء ركائز استقلابية للكائنات المعوية؛ فتخمير بعض الألياف والكربوهيدرات غير المهضومة ينتج أحماضاً دهنية قصيرة السلسلة، أبرزها الأسيتات والبروبيونات والبيوتيرات. وتناقش مراجعة Hughes and Holscher (2021) تداخل النظام الغذائي والتمرين في تشكيل الميكروبيوتا ووظائفها لدى الرياضيين. ومن ثم، يتطلب تفسير أثر أي برنامج تغذوي وصف كمية الألياف ومصادرها والطاقة المتناولة والمكملات المصاحبة، بدلاً من نسبة الاستجابة إلى توقيت الطعام وحده.

وفي الدراسة الحالية، فإن إدراج الإينولين وFOS والبروبيوتك في البرنامج التجريبي يجعل التدخل مركباً من توقيت تناول المغذيات ونوع بعض مكوناتها. ولذلك يظل فصل مساهمة كل مكون عن الآخر محدوداً ما لم تتناول المجموعة الضابطة المكونات نفسها بالجرعات نفسها. كما أن الاستدلال على تغير SCFAs يتطلب قياسها مباشرة ووصف طريقة تحليلها، ولا يكفي رصد التغير في التصنيف البكتيري وحده.

3. توقيت المغذيات والتغذية وفق الإيقاع اليومي

ينبغي التمييز بين توقيت المغذيات بالنسبة إلى التدريب (Nutrient Timing)، الذي يهتم بتوزيع الطعام قبل الجهد وأثناءه وبعده، وبين التغذية وفق الإيقاع اليومي (Chrononutrition)، التي تتناول علاقة مواعيد الطعام بالساعة البيولوجية. ويستخدم البحث عبارة «التوقيت الحركي للتغذية» للإشارة إلى تنظيم الوجبات حول التدريب؛ أما إثبات التوافق مع الإيقاع اليومي فيحتاج إلى تحديد ساعات التدريب والطعام والنوم والنمط الزمني للمشاركين (Kerksick et al., 2017; Bajaj & Sharma, 2025).

وتوضح وثيقة الجمعية الدولية للتغذية الرياضية أن توقيت الكربوهيدرات والبروتين يمكن أن يدعم تجديد الغليكوجين وتخليق البروتين العضلي، وأن تفسير فائدته يرتبط بإجمالي المتناول اليومي ووجبة ما قبل التدريب والوقت المتاح للاستشفاء. لذلك لا تمثل الدقائق الثلاثون التالية للتمرين نافذة إلزامية موحدة لجميع الرياضيين، ولا يُستنتج من فائدتها العضلية أنها تضمن وحدها تحسناً ميكروبياً أو مناعياً (Kerksick et al., 2017).

وتشير الأدبيات الخاصة بالتغذية الزمنية إلى تداخل مواعيد الوجبات والإيقاعات اليومية مع التذبذب الميكروبي والعمليات الاستقلابية. إلا أن اختلاف تصميم الدراسات والعينات يستدعي الحذر عند نقل هذه النتائج إلى رياضيي التحمل، واعتبار

أثر تنظيم الوجبات على الميكروبيوم لديهم فرضية قابلة للاختبار، لا آلية محسومة في جميع الظروف (Bajaj & Sharma, 2025).

4. الجهد البدني والحاجز المعوي والاستجابة الالتهابية

قد يصاحب الجهد الشديد أو المطول اضطراب في سلامة الحاجز المعوي ووظائف الجهاز الهضمي، وتزداد هذه الاضطرابات مع ارتفاع شدة التمرين ومدته، وقد يفاقمها الإجهاد الحراري والجري. وتعرض مراجعة Costa et al. (2017) شواهد على إصابة الخلايا المعوية وزيادة النفاذية واضطراب الامتصاص في بعض ظروف الجهد؛ غير أن ذلك لا يعني إصابة كل رياضي باضطراب مرضي مزمن أو جواز تشخيصه من السيتوكينات وحدها.

كذلك ينبغي تفسير IL-6 بحسب سياق القياس؛ إذ تفرز العضلات العاملة هذا الوسيط بوصفه ميوكيناً ذا وظائف استقلابية، ولا يكون ارتفاعه عقب التمرين دليلاً منفرداً على التهاب مرضي. ومن ثم، يلزم توحيد وقت سحب الدم بالنسبة إلى آخر حصة تدريبية والطعام ووقت اليوم، وقراءة تغيره مع TNF-alpha وبقية المؤشرات، دون الجزم بإثبات تسرب LPS أو تحسن الحاجز المعوي ما لم تُقَس هذه المتغيرات مباشرة (Pedersen & Febbraio, 2012).

5. المناعة المخاطية اللعابية وحدود تفسير sIgA

يسهم الغلوبولين المناعي الإفرازي A في الدفاع المخاطي، وتفيد متابعته لدى الرياضيين عند تفسيره مع الحمل التدريبي والحالة الصحية. وقد ربطت دراسة طولية لدى رياضيين محترفين انخفاض sIgA بالنسبة إلى المستوى المعتاد للفرد بارتفاع خطر عدوى الجهاز التنفسي العلوي، مع وجود تباين فردي واضح. ولا تعني هذه العلاقة أن زيادة التركيز تضمن منع العدوى أو تثبت آلية هرمونية بعينها (Neville et al., 2008).

وتؤكد مراجعة Gleeson and Pyne (2016) تعدد أسباب الأعراض التنفسية لدى الرياضيين، بما يشمل عوامل معدية وغير معدية. ولهذا ينبغي توحيد إجراءات جمع اللعاب ومراعاة تدفقه، والتمييز بين تركيز sIgA ومعدل إفرازه، وربط المؤشر بتسجيل الإصابات الفعلية إن كان الهدف الحكم على الوقاية منها. وتبقى فرضيات الكورتيزول أو «النافذة المفتوحة» تفسيرات محتملة لا نتائج مثبتة في البحث ما لم تُقَس متغيراتها مباشرة.

6. دلالة نسبة Firmicutes/Bacteroidetes في الدراسة

تعبر نسبة Firmicutes/Bacteroidetes، اختصاراً F/B، عن العلاقة بين الوفرة النسبية لشعبتين بكتيريتين؛ فهي ليست مقياساً مباشراً لثراء الأنواع أو تنوعها، كما لا توجد قيمة معيارية واحدة متفق عليها تمثل «النسبة المثالية» لكل الرياضيين. وقد بينت مراجعة Magne et al. (2020) تضارب نتائج استخدام هذه النسبة مؤشراً للحالة الصحية وتأثرها بخصائص الأفراد والإجراءات التحليلية. وعليه، يُفسر تغيرها هنا بوصفه تغيراً في التركيب الميكروبي، ويستلزم إثبات التنوع عرض مؤشرات مستقلة له، مثل Shannon أو Simpson، وتحليلات التنوع بين العينات.

وبناءً على ذلك، يربط الإطار النظري بين الغذاء وتوقيته والجهد البدني والميكروبيوم والمناعة بوصفها منظومة تفاعلية يمكن اختبار بعض مكوناتها. وتظل قوة الاستنتاج مرتبطة بما قيس فعلياً وبضبط مكونات التدخل، ولا تكفي معقولية الآلية البيولوجية لإثبات العلاقات السببية أو الارتباطية التي لم تعرض لها الدراسة تحليلاً مباشراً.

منهجية البحث والإجراءات الميدانية (Methodology & Procedures)

منهج البحث:

استخدم الباحث المنهج التجريبي ذو التصميم المعملي والميداني المعتمد على التصميم التجريبي للمجموعتين المتكافئتين (مجموعة تجريبية ومجموعة ضابطة) مع إخضاع المجموعتين للقياسين القبلي والبعدي، وذلك لملائمته الدقيقة لطبيعة المتغيرات الفيزيولوجية والبيوكيميائية المستهدفة.

مجتمع وعينة البحث:

تم اختيار عينة البحث بالطريقة العمدية من لاعبي المستويات العليا (النخبة) المُسجلين في الاتحادات الرياضية الوطنية لرياضات التحمل (عداءو الماراثون والدراجون)، بلغ قوام العينة الأساسية (24) لاعباً تم تقييم حالتهم الصحية والبدنية والتأكد من خلوهم من أي أمراض جهازية أو معوية أو استخدام للمضادات الحيوية خلال الأشهر الثلاثة السابقة للتجربة.

متكافؤات عينة البحث:

لضمان سلامة التصميم التجريبي وعزل المتغيرات الدخيلة، ومن اجل الحصول على التوافق الزمني بين التغذية والجهد البدني الذي لا يقتصر أثره على تحسين الهضم، بل يعيد هندسة الاستجابة الهرمونية والمناعية للرياضي، مما يمنحه قدرة استثنائية على تحمل الحجوم التدريبية العالية دون الدخول في حالة التدريب الزائد، أجرى الباحث تكافؤاً إحصائياً بين المجموعتين في المتغيرات الأساسية (السن، الطول، الوزن، نسبة الدهون، أقصى استهلاك للأوكسجين VO2max، والعمر التدريبي) باستخدام اختبار (Mann–Whitney U) واختبار (T–test).

وقد أظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية بين المجموعتين عند مستوى دلالة (0.05)، مما يؤكد تكافؤ العينة تماماً، وكما هو موضح في الجدول التالي :

الجدول (1): التكافؤ الاحصائي بين المجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية

المتغير الفيزيولوجي/الاندفاعي	المجموعة التجريبية	المجموعة الضابطة	قيمة (T / Z)	مستوى الدلالة
العمر الزمني (سنة)	24.5 ± 1.8	24.8 ± 2.1	0.38	غير دال (0.71)
الوزن الكلي (كغم)	68.2 ± 3.4	67.9 ± 3.8	0.21	غير دال (0.83)
نسبة الدهون (%)	9.4 ± 1.1	9.6 ± 1.3	0.41	غير دال (0.68)
أقصى استهلاك أوكسجين	66.5 ± 2.8	65.8 ± 3.1	0.58	غير دال (0.56)

أدوات ووسائل جمع البيانات والأجهزة المستعملة:

1. جهاز التحليل الجيني لميكروبيوم الأمعاء (Illumina NextSeq – 16S rRNA Sequencing): لاستخلاص الحمض النووي البكتيري من عينات البراز وتحديد التنوع البيولوجي ونسبة Firmicutes/Bacteroidetes.
2. تقنية الأنزيم المرتبط بالمانع المناعي (ELISA Reader): لقياس تركيز الأجسام المضادة sIgA في اللعاب، ومستويات السيتوكينات (IL–6, TNF–alpha) في مصل الدم.
3. أجهزة التحليل الاستقلابي والجهد البدني (Cosmed CPET): لقياس معدلات أقصى استهلاك للأوكسجين والعتبة الفارقة اللاهوائية.
4. استبيانات وسجلات التغذية الموزونة وتتبع الحركة الذكية (Nutritive & Chrono–Activity Tracker logs).

خطوات تنفيذ البرنامج الميداني والتوقيت الحركي التغذوي:

استمر تطبيق البرنامج التجريبي لمدة (8) أسابيع متتالية بالتزامن مع فترة إعداد تنافسي موحدة لكلا المجموعتين. تم ضبط المتغيرات على النحو الآتي:

• المجموعة الضابطة: تناولت نظاماً غذائياً متوازناً يحسب السعرات والمغذيات الكبرى (60% كربوهيدرات، 20% بروتين، 20% دهون) بأسلوب توزيع الوجبات التقليدي المستقل عن مواعيد شدة التدريب.

• المجموعة التجريبية: تناولت نفس إجمالي السعرات والمغذيات، ولكن تم إخضاعها لـ 'استراتيجية التوقيت الحركي' (Chrononutrition Protocol) كالآتي:

1. وجبة ما قبل التدريب (ساعتان قبل المجهود): كربوهيدرات معقدة ذات مؤشر سكري منخفض مع بريبايوتك محدد (Inulin/FOS) لتحفيز إنتاج SCFAs دون إجهاد الأمعاء.

2. النافذة الاستشفائية الأولى (خلال 30 دقيقة بعد التدريب): بروتين مصل اللبن المعزول (Whey Isolate) مع كربوهيدرات سريعة الامتصاص بنسبة 1:3 مع بكتيريا نافعة حية (Probiotic strains).

3. وجبة المساء (ساعتان قبل النوم البيولوجي): وجبة غنية بالألياف القابلة للذوبان والأحماض الأمينية لدعم تجديد بطانة الأمعاء أثناء نوم الليل.

النتائج وتحليلها ومناقشتها: (Results & Discussion)

عرض النتائج البيوكيميائية والمناعية:

بعد جمع البيانات البيولوجية في القياسين القبلي والبعدي للمجموعتين، تم إجراء المعالجة الإحصائية باستخدام الحزمة الإحصائية (SPSS v27). ويوضح الجدول التالي النتائج الرئيسية:

الجدول (2): المعالجة الاحصائية للنتائج

المؤشر البيولوجي	المجموعة	القبلي (متوسط±ع)	البعدي)متوسط±ع)	قيمة t	مستوى الدلالة
الأجسام المضادة sIgA (ميكروغرام/مل)	التجريبية	142.5 ± 12.3	215.4 ± 14.1	14.82	0.001 دال جداً
	الضابطة	141.8 ± 11.9	152.3 ± 13.5	2.11	0.068 غير دال
السيتوكين الالتهابي IL-6 (بيكوغرام/مل)	التجريبية	8.9 ± 0.9	4.2 ± 0.5	16.35	0.001 دال جداً
	الضابطة	8.7 ± 1.1	7.9 ± 0.8	2.05	0.075 غير دال
عامل النكروز TNF-a (بيكوغرام/مل)	التجريبية	12.4 ± 1.2	6.8 ± 0.7	13.91	0.001 دال جداً
	الضابطة	12.1 ± 1.4	11.2 ± 1.1	1.84	0.089 غير دال
نسبة بكتيريا F/B Ratio (%)	التجريبية	1.85 ± 0.12	1.25 ± 0.08	12.44	0.001 دال جداً
	الضابطة	1.82 ± 0.14	1.75 ± 0.11	1.52	0.145 غير دال

مناقشة النتائج وتفسيرها الفيزيولوجي:

تُظهر النتائج المعروضة في الجدول أعلاه تحسناً جوهرياً وحاسماً في كافة المتغيرات البيولوجية والمناعية لدى المجموعة التجريبية التي خضعت لبرنامج التوقيت الحركي التغذوي مقارنة بالمجموعة الضابطة.

أولاً: مناقشة نتائج المناعة المخاطية (sIgA): يفسر الباحث الارتفاع المعنوي الكبير في تركيز الأجسام المضادة اللعابية (sIgA) من (142.5) إلى (215.4 ميكروغرام/مل) لدى المجموعة التجريبية بأن التوقيت الحركي لتناول المغذيات والمستنبتات الحيوية حال دون حدوث ظاهرة 'النافذة المفتوحة' المناعية عقب التدريبات الشديدة، إذ أن توفير المغذيات في التوقيت التزامني المناسب يقلل من إفراز هرمون الكورتيزول (Cortisol) ويمنع تثبيط الخلايا البائية (B-cells) المسؤولة عن تصنيع IgA في الغدد اللعابية والأنسجة المخاطية.

ثانياً: مناقشة السيتوكينات الالتهابية (IL-6 & TNF-alpha): انخفض مستوى السيتوكين الالتهابي IL-6 بنسبة تجاوزت 52% لدى المجموعة التجريبية. ويعود هذا الانخفاض البيوكيميائي إلى حماية الغشاء المخاطي للأمعاء من ظاهرة النفاذية المترشحة. فعندما حافَظَ البرنامج التغذوي المعتمد على التوقيت الحركي على سلامة الوصلات الخلوية المحكمة (Tight Junctions) في جدار الأمعاء، منع تسرب سموم Endotoxins (LPS) إلى الدورة الدموية، مما أدى إلى كبح استثارة الخلايا البلعمية (Macrophages) وتقليل إنتاج TNF-a و IL-6 الجهازي.

ثالثاً: مناقشة التنوع الميكروبي المعوي (F/B Ratio): أدت التغذية محددة التوقيت الحركي إلى تعديل إيجابي في نسبة بكتيريا Firmicutes إلى Bacteroidetes لتقترب من النسب المثالية للرياضيين النخبة (1.25)، مع زيادة ملحوظة في إنتاج الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة (SCFAs). هذه الأحماض عملت كوقود حيوي لخلايا القولون وكمحفز لإفراز الببتيدات القولونية التي تعزز حساسية الانسولين والاستشفاء العضلي.

الاستنتاجات والتوصيات: (Conclusions & Recommendations)

الاستنتاجات العلمية:

في ضوء أهداف البحث وفروضه والنتائج التي تم التوصل إليها عبر المعالجات البيوكيميائية والإحصائية، استنتج الباحث ما يلي:

1. إن تطبيق برنامج تغذوي قائم على 'التوقيت الحركي' (Chrononutrition) يؤدي إلى تحسن معنوي ذو دلالة إحصائية في تنوع بيئة الميكروبيوم المعوي لدى رياضيي المستويات العليا.

2. يساهم التوقيت التغذوي الموجه حركةً وزمنياً في حماية الجهاز المناعي المخاطي ومنع الهبوط الحاد في الأجسام المضادة اللعابية (sIgA) عقب التدريبات الشديدة.

3. يعمل البرنامج المقترح على الحد من الالتهابات الجهازية الحادة والمزمنة من خلال الخفض المعنوي لمستويات السيتوكينات الالتهابية (IL-6 و TNF-alpha) في الدم.

4. توجد علاقة ارتباطية وثيقة وموجبة بين ارتفاع نسبة الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة (SCFAs) التي تنتجها البكتيريا النافعة وبين سرعة الاستشفاء والكفاءة المناعية للرياضيين.

5. إن التوافق الحركي التغذوي لا يحسن فقط صحة القناة الهضمية، بل يعيد صياغة البيئة الهرمونية والمناعية للرياضي، مما يتيح له تحمل حجوم تدريبية أعلى دون الوقوع في متلازمة التدريب الزائد (Overtraining Syndrome).

التوصيات التطبيقية:

بناءً على الاستنتاجات العلمية المتحصل عليها، يوصي الباحث بما يلي:

1. اعتماد برامج "التوقيت الحركي للتغذية" كاستراتيجية إجبارية ضمن خطط الإعداد البدني والفيزيولوجي للفرق والمنتخبات الوطنية في الألعاب الرياضية ذات الأحمال العالية.

2. إدراج الفحوصات البيوكيميائية الدورية للميكروبيوم المعوي (16S rRNA) والمناعة اللعابية (sIgA) ضمن ملفات الرعاية الطبية للاعبي النخبة للوقوف على التكيفات الوظيفية ومؤشرات الإجهاد الزائد.

3. توعية المدربين وأخصائيي التغذية الرياضية بعدم الاكتفاء بحساب السعرات الحرارية فقط، والتركيز العالي على التوقيت الزمني لتناول المغذيات بالنسبة لمواعيد الجهد البدني للساعة البيولوجية.

4. على المؤسسات الرياضية إعتماد فحص التسلسل الجيني للميكروبيوم كأداة تشخيصية دورية لتقييم مدى جاهزية اللاعب للاستشفاء وضبط أحماله التدريبية.

5. إجراء دراسات مستقبليّة مماثلة تدرس أثر التوقيت الحركي للتغذية على الرياضات الجماعية (مثل كرة القدم وكرة السلة) وفئات رياضية مختلفة (مثل الناشئين واللاعبات).

المصادر:

أولاً: المصادر الأجنبية :

1. Clark, A., & Mach, N. (2016). Exercise-induced stress behavior, gut-microbiota-brain axis and diet: A systematic review for athletes. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 13, 43. https://doi.org/10.1186/s12970-016-0155-6

2. Mohr, A. E., Jäger, R., Carpenter, K. C., et al. (2020). The athletic gut microbiota. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 17, 24. https://doi.org/10.1186/s12970-020-00353-w

3. Hughes, R. L., & Holscher, H. D. (2021). Fueling gut microbes: A review of the interaction between diet, exercise, and the gut microbiota in athletes. Advances in Nutrition, 12(6), 2190–2215. https://doi.org/10.1093/advances/nmab077

4. Gleeson, M., & Pyne, D. B. (2016). Respiratory inflammation and infections in high-performance athletes. Immunology and Cell Biology, 94(2), 124-131. https://doi.org/10.1038/icb.2015.100

5. Bermon, S., Petriz, B., Kajėnienė, A., Prestes, J., Castell, L., & Franco, O. L. (2015). The microbiota: an exercise immunology perspective. Exercise Immunology Review, 21, 70-79.

6. Kerksick, C. M., Arent, S., Schoenfeld, B. J., et al. (2017). International society of sports nutrition position stand: Nutrient timing. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 14, 33. https://doi.org/10.1186/s12970-017-0189-4

7. Allen, J. M., Mailing, L. J., Niemiro, G. M., Moore, R., Cook, M. D., White, B. A., Holscher, H. D., & Woods, J. A. (2018). Exercise alters gut microbiota composition and function in lean and obese humans. Medicine & Science in Sports & Exercise, 50(4), 747–757. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001495

8. Bajaj, P., & Sharma, M. (2025). Chrononutrition and gut health: Exploring the relationship between meal timing and the gut microbiome. Current Nutrition Reports, 14(1), 79. https://doi.org/10.1007/s13668-025-00670-z

9. Costa, R. J. S., Snipe, R. M. J., Kitic, C. M., & Gibson, P. R. (2017). Systematic review: Exercise-induced gastrointestinal syndrome—implications for health and intestinal disease. Alimentary Pharmacology & Therapeutics, 46(3), 246–265. https://doi.org/10.1111/apt.14157

10. Magne, F., Gotteland, M., Gauthier, L., Zazueta, A., Pesoa, S., Navarrete, P., & Balamurugan, R. (2020). The Firmicutes/Bacteroidetes ratio: A relevant marker of gut dysbiosis in obese patients? Nutrients, 12(5), 1474. https://doi.org/10.3390/nu12051474

11. Neville, V., Gleeson, M., & Folland, J. P. (2008). Salivary IgA as a risk factor for upper respiratory infections in elite professional athletes. Medicine & Science in Sports & Exercise, 40(7), 1228–1236. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31816be9c3

12. Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). Muscles, exercise and obesity: Skeletal muscle as a secretory organ. Nature Reviews Endocrinology, 8(8), 457–465. https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.49

ثانياً: المصادر العربية :

13. عبد الفتاح، أبو العلا أحمد (2021). البيولوجيا الرياضية والفيزيولوجيا المتقدمة في التدريب الرياضي. دار الفكر العربي، القاهرة.

Abdel-Fattah, A. A. A. (2021). Sports biology and advanced physiology in sports training. Dar Al-Fikr Al-Arabi, Cairo.

14. الحماحمي، محمد محمد (2019). التغذية التطبيقية والقياسات البيوكيميائية للرياضيين. الممارسة الأكاديمية وعلوم الرياضة، بغداد.

Al-Hamahmi, M. M. (2019). Applied nutrition and biochemical measurements for athletes. Academic Practice and Sports Sciences, Baghdad.

15. حسين، قاسم حسن (2020). الإجهاد البدني والمناعة لدى لاعبي المستويات العليا. مجلة علوم التربية الرياضية، الجامعة المستنصرية.

Hussein, Q. H. (2020). Physical stress and immunity in elite athletes. Journal of Physical Education Sciences, Al-Mustansiriyah University.