Journal of Humanities and Social Sciences Researches (JHSSR)

ISSN: 2958-3160 (Online)

The Role of Mental Fatigue in Changing Metabolic Efficiency in Runners

Asst. Lect. Salih Abdulwahid Kadhim[1,*]

[1] College of Physical Education and Sports Sciences, Al-Qasim Green University, Iraq.
[*] Corresponding author, Email: s35182314@gmail.com

Received: 6/04/2025 Accepted: 20/05/2025

Abstract

This study aims to explore the relationship between mental fatigue and metabolic efficiency in professional runners. While mental fatigue is a significant factor affecting athletic performance, its physiological mechanisms and impact on energy metabolism have not been adequately studied. The research was conducted on a sample of 40 professional runners (22 males and 18 females) using a repeated-measures experimental design, where participants underwent running tests under mental fatigue and control conditions. Researchers measured basal metabolic rate, oxygen consumption, glucose and fat utilization rates, and levels of cortisol and neurotransmitters. Results showed that mental fatigue leads to a 7-12% decrease in metabolic efficiency during running, with increased glucose consumption at the expense of fat utilization and elevated cortisol levels. Reduced recovery rates after exertion were also observed. The study proposed a new explanatory model called the "Integrated Neurometabolic Model," which clarifies the interaction mechanisms between mental fatigue and metabolism. This research provides new insights for improving training strategies and nutrition for runners, emphasizing the importance of cognitive load management as an essential component of athletic performance enhancement programs.

Keywords: Mental fatigue, metabolism, runners, energy efficiency, basal metabolic rate.

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.004.02.0477
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

دور التعب الذهني في تغيير كفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائي

م.د صالح عبد الواحد كاظم*[1,]

[1] جامعة القاسم الخضراء ، كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة، العراق

*البريد الالكتروني للمؤلف المراسل: s35182314@gmail.com

الخلاصة

تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف العلاقة بين التعب الذهني وكفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائين المحترفين. يعد التعب الذهني عاملاً مؤثراً في الأداء الرياضي، إلا أن آلياته الفسيولوجية وتأثيره على استقلاب الطاقة لم تحظَ بالدراسة الكافية. أجريت هذه الدراسة على عينة من 40 عدّاءً محترفاً (22 ذكراً و18 أنثى) باستخدام تصميم تجريبي متكرر القياسات، حيث خضع المشاركون لاختبارات الجري في ظروف التعب الذهني والظروف الضابطة. تم قياس معدل الأيض القاعدي، واستهلاك الأكسجين، ومعدل استخدام الجلوكوز والدهون، ومستويات الكورتيزول والناقلات العصبية. أظهرت النتائج أن التعب الذهني يؤدي إلى انخفاض كفاءة التمثيل الغذائي بنسبة تتراوح بين 7-12% خلال الجري، مع زيادة في استهلاك الجلوكوز على حساب الدهون، وارتفاع معدلات الكورتيزول. كما لوحظ انخفاض في معدل الاستشفاء بعد المجهود. توصلت الدراسة إلى نموذج تفسيري جديد يُدعى "نموذج الاستقلاب العصبي المتكامل" يوضح آليات التفاعل بين التعب الذهني والتمثيل الغذائي. تقدم هذه الدراسة رؤى جديدة لتحسين استراتيجيات التدريب وتغذية العدائين، مع التركيز على أهمية إدارة الحمل المعرفي كجزء أساسي من برامج تحسين الأداء الرياضي.

الكلمات المفتاحية: التعب الذهني، التمثيل الغذائي، العدّاؤون، كفاءة الطاقة، الأداء الرياضي، الأيض القاعدي.

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.004.02.0477

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

المقدمة

تمثل العلاقة بين الوظائف المعرفية والأداء البدني موضوعاً متناميَ الأهمية في مجال فسيولوجيا الرياضة والطب الرياضي. فقد أشارت الدراسات الحديثة إلى أن التعب الذهني يمكن أن يؤثر سلباً على الأداء البدني للرياضيين، حتى عندما لا يكون هناك تعب عضلي ملحوظ ويجب ملاحظة أن سرعة الجلكزة اللاهوائية يصاحبها في الوقت نفسه تراكم سريع لحامض اللاكتيك، حيث يُعدّ الجليكوجين المصدر الوحيد للطاقة. وعند ازدياد تجمع حامض اللاكتيك في العضلة والدم، ينخفض مستوى الانقباض العضلي، ويُستنفد مخزون الجليكوجين في العضلة، مما يؤدي إلى التعب العضلي وانخفاض شدة الأداء. لذا، يحتاج معظم اللاعبين إلى تعزيز قدرتهم على تحمل هذا التعب الناجم عن ارتفاع مستوى حامض اللاكتيك. (Khalil Refai ، 2024، ص18). ومع ذلك، فإن الآليات الفسيولوجية الدقيقة التي يؤثر من خلالها التعب الذهني على الأداء البدني لا تزال غير مفهومة بالكامل.

يُعرف التعب الذهني بأنه حالة نفسية وفسيولوجية تنشأ عن فترات طويلة من النشاط المعرفي المكثف، وتتميز بانخفاض في الأداء المعرفي والشعور بالإرهاق وكما يقول مازن عبد الهادي أحمد ومازن هادي كزار، إن التعب الذهني والبدني، يؤدي التعب الذهني والبدني إلى إقلال نسبة المرونة والإطالة. (مازن عبد الهادي أحمد ومازن هادي كزار، ٠ 2015. ص 176). في السياق الرياضي، يمكن أن يحدث التعب الذهني نتيجة لعوامل متعددة، مثل التركيز المستمر، واتخاذ القرارات تحت ضغط، والتخطيط الاستراتيجي، والتوتر المرتبط بالمنافسة.

من جانب آخر، تعتبر كفاءة التمثيل الغذائي عاملاً حاسماً في أداء العدائين، حيث تشير إلى أنه يحتاج الجسم إلى الفيتامينات الأداء وظائفه العادية، ويحصل الإنسان على معظم احتياجاته من الفيتامينات خلال الغذاء، وتقوم الفيتامينات بدور نشط في كثير من العمليات الحيوية مثل التمثيل الغذائي و تركيب الأنزيمات ونشاط الغدد الصماء كما أنها تزيد من كفاءة الجسم ومقاومته الأمراض، وتزيد الحاجة إلى الفيتامينات عند تغير الضغط الجوي ودرجة الحرارة والنشاط الرياضي وفي حالة بعض الأمراض، كما تزداد حاجة الصغار إلى الفيتامينات. (يوسف لازم كماش، 2010 . ص109). تتضمن عملية التمثيل الغذائي أثناء الجري توليد الطاقة من خلال مسارات مختلفة، مثل نظام الفوسفات عالي الطاقة، ونظام حمض اللاكتيك، والنظام الهوائي، بالإضافة إلى استخدام أنواع مختلفة من الوقود، بما في ذلك الجلوكوز والدهون.

على الرغم من وجود أدلة متزايدة على تأثير التعب الذهني على الأداء البدني، فإن تأثيره المحدد على كفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائين لم يتم استكشافه بشكل كافٍ. تُظهر الدراسات الأولية أن والتعب الذهني، مما يؤثر على توازن الهرمونات في الجسم. كما يُساهم زيت اللافندر في تهدئة تصلب الأعصاب المتعدد، ويُساعد حتى مرضى الأعصاب في التخلّص من القلق. (Qubrusli. 2006 ص 48) وتنظيم الجلوكوز، واختيار الركائز الأيضية، وهي عوامل حاسمة في كفاءة التمثيل الغذائي.

يمكن أن يكون لفهم العلاقة بين التعب الذهني وكفاءة التمثيل الغذائي آثار مهمة على استراتيجيات التدريب والمنافسة للعدائين. إذا كان التعب الذهني يؤثر على كيفية استخدام الجسم للطاقة، فقد يحتاج الرياضيون إلى تعديل استراتيجيات التغذية والتدريب العقلي للتعويض عن هذه التأثيرات.

تهدف هذه الدراسة إلى سد الفجوة في الأدبيات من خلال التحقيق في تأثير التعب الذهني على مختلف جوانب كفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائين، بما في ذلك معدل الأيض القاعدي، واختيار الركائز أثناء التمرين، واستهلاك الأكسجين، والكفاءة الطاقية. من خلال فهم هذه العلاقة بشكل أفضل، نأمل في تطوير استراتيجيات أكثر فعالية لإدارة التعب الذهني وتحسين الأداء البدني للعدائين.

الإطار النظري

التعب الذهني: المفهوم والآليات

يُعرَّف التعب الذهني بأنه النقص التدريجي الذي يصيب الفرد نتيجة الجهد المبذول لساعات طويلة في العمل، وتظهر آثاره على المستويين الداخلي والخارجي، متمثلة في الجوانب الجسدية، والنفسية، والذهنية (المعرفية). ويؤدي هذا التعب إلى تراجع الأداء العقلي للفرد، مما ينعكس على العمليات العقلية مثل التذكر والإدراك. (القيسي.2022.ص629) على المستوى العصبي، يرتبط التعب الذهني بتغيرات في نشاط الدماغ، خاصة في القشرة الجبهية الأمامية، المسؤولة عن الوظائف التنفيذية مثل الانتباه المستدام واتخاذ القرارات.

تشير الدراسات إلى أن التعب الذهني يرتبط بتغيرات في الناقلات العصبية، خاصة الدوبامين والأدينوزين. أشار (Adriano Leonel. 2025 ص299) إلى أن التعب الذهني قد ينتج عن استنفاد الدوبامين في مناطق معينة من الدماغ، مما يؤدي إلى انخفاض الدافع والتحفيز. ويقول: "عندما يقامر الشخص يفرز الدماغ جرعات عالية من الدوبامين وهو الناقل

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.004.02.0477
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

العصبي المسؤول عن المتعة والشعور بالمكافأة) كما أظهرت دراسة ماثيو ووكر (ماثيو ووكر, · 2023Sahla Books ص 8) أن ... يتراكم الأدينوزين في الجسم يومًا بعد يوم، مما يؤدي في النهاية إلى حالة تُعرف بـ "الدين النومي". يشبه هذا الدين الدين المالي، إذ لا يمكن الهروب منه، حيث يُفضي إلى تفاقم الشعور بالتعب المزمن، وقد يتسبب في العديد من المشكلات الصحية. هل تعلم أن الأزمة.

علاوة على ذلك، يرتبط التعب الذهني بتغيرات في نشاط محور الغدة النخامية والغدة الكظرية، مما يحفزها على إفراز الهرمون الموجه لقشرة الكظر في مجرى الدم. ثم ينتقل هذا الهرمون إلى قشرة الكظر، حيث تحفِّز الغدد الكظرية على إفراز هرمونات تُعرف بالقشرانيات السكرية، التي توفر طاقة فورية وتثبط نشاط الجهاز المناعي في الجسم. وفي الوقت ذاته، تُفرز الغدد الكظرية هرمونات أخرى، أبرزها الأدرينالين، الذي يزيد من معدل ضربات القلب وضغط الدم. (الموسوعة العربية العالمية، 2002. ص232). يمكن أن يكون لهذه التغيرات الهرمونية تأثير مباشر على التمثيل الغذائي وكيفية استخدام الجسم للطاقة.

في سياق الرياضة، أظهرت الأبحاث أن التعب الذهني يمكن أن يؤثر على الأداء البدني من خلال زيادة الإدراك الذاتي للجهد. وجد ماركورا وزملاؤه (2009Marcora et al.,) أن المشاركين الذين يعانون من التعب الذهني أبلغوا عن إدراك أعلى للجهد أثناء التمرين، على الرغم من عدم وجود تغييرات فسيولوجية كبيرة. هذا يشير إلى أن التعب الذهني قد يؤثر على الأداء البدني من خلال آليات مركزية تتعلق بالدافع والإدراك، بالإضافة إلى التأثيرات الفسيولوجية المحتملة.

كفاءة التمثيل الغذائي عند الرياضيين

تشير كفاءة التمثيل الغذائي في سياق الأداء الرياضي إلى كفاءة الجسم في تحويل الطاقة الكيميائية من الطعام إلى طاقة ميكانيكية لإنتاج الحركة؛ تعتمد هذه الكفاءة على عدة عوامل، بما في ذلك معدل الأيض القاعدي، واختيار الركائز (الجلوكوز مقابل الدهون)، واستهلاك الأكسجين، والكفاءة الميكانيكية. وتعتمد هذه الكفاءة على عدة عوامل؛ العوامل المؤثرة في كفاءة التمثيل الغذائي: معدل الأيض القاعدي: يؤثر على كمية الطاقة التي يحتاجها الجسم في حالة الراحة. (Barnes, K. R., & Kilding, A. E (2015).

كفاءة التمثيل الغذائي وعلاقتها بالاقتصاد في الجري:

تعريف الاقتصاد في الجري؛ يعتبر الاقتصاد في الجري (RE) مقياسًا فسيولوجيًا مهمًا للرياضيين، خاصةً عدائي المسافات الطويلة. (Barnes, K. R., & Kilding, A. E (2015). وهو يعكس استهلاك الأكسجين المطلوب للحفاظ على سرعة معينة.

العوامل المؤثرة في الاقتصاد في الجري؛ يتأثر الاقتصاد في الجري بعوامل متعددة، بما في ذلك الخصائص الأيضية، والقلبية التنفسية، والميكانيكية الحيوية، والعصبية العضلية.

العداؤون النخبة؛ يتمتع العداؤون النخبة باقتصاد جري أفضل مقارنة بالعدائين الأقل تدريباً. وقد يكون لديهم قيم max2VO أعلى (Morgan, D. W., & Pate, R (2004).

التدريب؛ يمكن أن يحسن التدريب من الاقتصاد في الجري من خلال التكيفات في الخصائص الأيضية والقلبية التنفسية والميكانيكية العصبية على سبيل المثال، أظهر التدريب الهوائي تحسينات في الاقتصاد في الجري لدى لاعبي كرة القدم. (Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J (2001).

يعد اختيار الركائز أثناء التمرين جانبًا مهمًا من جوانب كفاءة التمثيل الغذائي. يستخدم الجسم مزيجًا من الكربوهيدرات والدهون كمصادر للطاقة، وتختلف نسبة استخدامها اعتمادًا على شدة التمرين ومدته والحالة التدريبية (1997Brooks,). عادة، مع زيادة شدة التمرين، يعتمد الجسم بشكل أكبر على الجلوكوز كمصدر للطاقة، في حين أن التمارين منخفضة الشدة تعتمد أكثر على أكسدة الدهون.

تشير الدراسات إلى أن التدريب يمكن أن يحسن قدرة العضلات على استخدام الدهون كمصدر للطاقة، مما يوفر الجليكوجين العضلي ويؤخر التعب. هذا التكيف يعتبر مهمًا بشكل خاص للعدائين الذين يتنافسون في مسافات طويلة، حيث يمكن أن يكون نفاد الجليكوجين عاملاً محددًا للأداء.

العلاقة بين الدماغ والعضلات: آليات تأثير التعب الذهني على الأداء البدني

تعتمد العلاقة بين الدماغ والعضلات على شبكة معقدة من الإشارات العصبية والهرمونية التي تنظم الأداء البدني. يمكن أن يؤثر التعب الذهني على هذه العلاقة من خلال عدة آليات.

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.004.02.0477
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

أولاً، يمكن أن يؤثر التعب الذهني على التنظيم المركزي للحركة. التعب يمكن أن ينشأ من تغييرات في القشرة الحركية والتي تؤثر على إرسال الإشارات العصبية إلى العضلات. يمكن أن يؤدي التعب الذهني إلى انخفاض في القدرة على تجنيد وحدات حركية وتنسيق النشاط العضلي، مما يؤدي إلى انخفاض الكفاءة الميكانيكية.

ثانياً، يمكن أن يؤثر التعب الذهني على الجهاز العصبي اللاإرادي، مما يؤدي إلى تغييرات في وظائف القلب والأوعية الدموية والتنفس. هذه التغييرات يمكن أن تؤثر على توصيل الأكسجين والمغذيات إلى العضلات العاملة، مما يؤثر على كفاءة التمثيل الغذائي.

ثالثاً، يمكن أن يؤثر التعب الذهني على الإدراك الذاتي للجهد، مما يؤدي إلى انخفاض في الدافع والأداء. هناك نموذج التحكم النفسي البيولوجي، الذي يفترض أن التعب الذهني يزيد من الإدراك الذاتي للجهد، مما يجعل التمرين يبدو أكثر صعوبة على الرغم من عدم وجود تغييرات فسيولوجية موضوعية.

الناقلات العصبية والهرمونات المرتبطة بالتعب الذهني والتمثيل الغذائي

يمكن أن يؤثر التعب الذهني على مستويات الناقلات العصبية والهرمونات التي تلعب دورًا مهمًا في تنظيم التمثيل الغذائي. على سبيل المثال، يرتبط التعب الذهني بانخفاض مستويات الدوبامين في مناطق معينة من الدماغ. يلعب الدوبامين دورًا مهمًا في تنظيم الدافع والمكافأة، كما أنه يشارك في تنظيم الحركة والتمثيل الغذائي.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدي التعب الذهني إلى زيادة مستويات هرمونات التوتر مثل الكورتيزول. إن المهام المعرفية المجهدة يمكن أن تنشط استجابة التوتر، مما يؤدي إلى زيادة إفراز الكورتيزول. يلعب الكورتيزول دورًا مهمًا في تنظيم مستويات الجلوكوز في الدم وتحليل البروتينات والدهون، مما قد يؤثر على كفاءة التمثيل الغذائي أثناء التمرين.

علاوة على ذلك، قد يؤثر التعب الذهني على مستويات السيروتونين، وهو ناقل عصبي مرتبط بالمزاج والإدراك والتعب المركزي. اقترحت نظرية السيروتونين المركزية للتعب أن زيادة مستويات السيروتونين في الدماغ قد تساهم في الشعور بالتعب أثناء التمرين المطول.

أخيرًا، قد يؤثر التعب الذهني على الببتيدات العصبية مثل الأوركسين، التي تلعب أدوارًا في تنظيم اليقظة واستهلاك الطاقة. إن التعب الذهني قد يغير مستويات الأوركسين، مما يؤثر على التمثيل الغذائي واختيار الركائز أثناء التمرين.

بيان المسألة والمشكلة البحثية

تكمن مشكلة البحث في وجود فجوة معرفية كبيرة في فهم العلاقة بين التعب الذهني وكفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائين. على الرغم من أن الدراسات السابقة قد وثقت تأثير التعب الذهني على الأداء البدني، إلا أن الآليات الفسيولوجية الدقيقة التي يؤثر من خلالها التعب الذهني على كيفية استخدام الجسم للطاقة أثناء الجري لم يتم استكشافها بشكل كافٍ.

يواجه العداؤون المحترفون والمدربون تحديات في تطوير استراتيجيات فعالة للتعامل مع التعب الذهني، خاصة في سياق المنافسات طويلة المدى التي تتطلب جهداً ذهنياً وبدنياً مستمراً. تشير الملاحظات الميدانية إلى أن الرياضيين قد يعانون من انخفاض في الأداء بعد فترات من الجهد الذهني المكثف، حتى عندما يكونون في حالة بدنية ممتازة. ومع ذلك، لا يوجد فهم كافٍ للآليات الكامنة وراء هذه الظاهرة، مما يعيق تطوير تدخلات فعالة.

بالإضافة إلى ذلك، هناك نقص في البحوث التي تدرس تأثير التعب الذهني على جوانب محددة من كفاءة التمثيل الغذائي، مثل معدل الأيض القاعدي، واختيار الركائز أثناء التمرين، واستهلاك الأكسجين، والكفاءة الطاقية. هذه المعلومات ضرورية لتطوير استراتيجيات تغذوية وتدريبية مخصصة تأخذ في الاعتبار تأثير الحالة الذهنية على التمثيل الغذائي.

أخيراً، هناك حاجة لفهم الفروق الفردية في الاستجابة للتعب الذهني، حيث قد يكون بعض العدائين أكثر عرضة لتأثيراته السلبية على كفاءة التمثيل الغذائي من غيرهم. تحديد العوامل التي تؤثر على هذه الاستجابات المتفاوتة يمكن أن يساعد في تطوير نهج أكثر تخصيصاً لإدارة التعب الذهني في سياق الرياضة.

لذلك، تهدف هذه الدراسة إلى معالجة هذه الفجوات المعرفية من خلال التحقيق الشامل في تأثير التعب الذهني على مختلف جوانب كفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائين، وتحديد الآليات الفسيولوجية الكامنة وراء هذه التأثيرات، واستكشاف الاستراتيجيات المحتملة للتخفيف من الآثار السلبية للتعب الذهني على الأداء.

أسئلة الدراسة

تسعى هذه الدراسة للإجابة على الأسئلة البحثية التالية:

1. ما هو تأثير التعب الذهني على كفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائين المحترفين، كما يقاس من خلال معدل الأيض القاعدي، واختيار الركائز أثناء التمرين، واستهلاك الأكسجين، والكفاءة الطاقية؟

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.004.02.0477
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

2. ما هي الآليات الفسيولوجية والعصبية التي تتوسط العلاقة بين التعب الذهني وتغيرات كفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائين؟
3. كيف تختلف استجابة كفاءة التمثيل الغذائي للتعب الذهني بين العدائين ذوي المستويات المختلفة من الخبرة والقدرة التحملية؟

فرضيات الدراسة

بناءً على الأسئلة البحثية والأدبيات السابقة، تم وضع الفرضيات التالية:

1. يؤدي التعب الذهني إلى انخفاض كفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائين، كما يتجلى في زيادة معدل الأيض القاعدي، وزيادة اعتماد الجسم على الجلوكوز كمصدر للطاقة على حساب الدهون، وزيادة استهلاك الأكسجين للمسافة المقطوعة نفسها، وانخفاض الكفاءة الطاقية الإجمالية.
2. تتوسط التغيرات في مستويات الكورتيزول والدوبامين والناقلات العصبية الأخرى العلاقة بين التعب الذهني وانخفاض كفاءة التمثيل الغذائي، من خلال التأثير على تنظيم الجلوكوز واختيار الركائز والتحكم العصبي العضلي.
3. يظهر العداؤون ذوو المستويات الأعلى من الخبرة والقدرة التحملية مقاومة أكبر لتأثيرات التعب الذهني على كفاءة التمثيل الغذائي، مقارنة بالعدائين الأقل خبرة وقدرة تحملية.

أهداف الدراسة

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

1. قياس تأثير التعب الذهني على معدل الأيض القاعدي لدى العدائين المحترفين باستخدام قياس الغازات المتبادلة في حالة الراحة.
2. تقييم تأثير التعب الذهني على اختيار الركائز (الجلوكوز مقابل الدهون) أثناء التمرين عند مستويات مختلفة من الشدة.
3. تحديد تأثير التعب الذهني على استهلاك الأكسجين أثناء الجري وتأثيره على الاقتصاد في الجري.
4. استكشاف العلاقة بين التعب الذهني والكفاءة الطاقية الإجمالية للعدائين خلال جهود الجري المختلفة الشدة.
5. تحليل العلاقة بين مستويات الناقلات العصبية والهرمونات (مثل الكورتيزول والدوبامين) والتغيرات في كفاءة التمثيل الغذائي الناتجة عن التعب الذهني.

منهجية البحث

المشاركون

تم إجراء الدراسة على عينة من 40 عدّاءً محترفاً (22 ذكراً و18 أنثى) تتراوح أعمارهم بين 18 و35 عاماً (متوسط العمر: 27.3 ± 4.2 سنة). تم اختيار المشاركين وفقاً للمعايير التالية:

- خبرة لا تقل عن خمس سنوات في المنافسات على المستوى الوطني أو الدولي.
- متوسط التدريب الأسبوعي لا يقل عن 70 كم أسبوعياً.
- خلو السجل الطبي من أي إصابات أو حالات مرضية تؤثر على الأداء خلال الستة أشهر السابقة للدراسة.
- عدم استخدام أي أدوية أو مكملات غذائية يمكن أن تؤثر على التمثيل الغذائي أو الأداء المعرفي.

تم تصنيف المشاركين إلى مجموعتين على أساس مستوى الخبرة والأداء: مجموعة العدائين النخبة (ن = 18) ومجموعة العدائين المحترفين المتوسطين (ن = 22). تم الحصول على موافقة مستنيرة من جميع المشاركين، وتمت الموافقة على بروتوكول الدراسة من قبل لجنة الأخلاقيات المؤسسية.

الأدوات والمقاييس

قياس التعب الذهني

1. مهمة الانتباه المستدام (PVT):

استُخدمت مهمة الانتباه المستدام لإحداث التعب الذهني، وهي مهمة معرفية طويلة (90 دقيقة) تتطلب الانتباه المستمر والاستجابة السريعة للمنبهات البصرية (Lim et al., 2010).

2. مقياس تقييم التعب المعرفي (CRAS):

تم استخدام استبيان CRAS لتقييم مستويات التعب الذهني الذاتية قبل وبعد مهمة التعب الذهني وخلال اختبارات الجري (Matthews et al., 2013).

3. مقياس جهد الإدراك (RPE):

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.004.02.0477
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

تم استخدام مقياس بورغ المعدل (6-20) لتقييم الإدراك الذاتي للجهد أثناء اختبارات الجري (,1982Borg).

قياس كفاءة التمثيل الغذائي

1. قياس الغازات المتبادلة:

تم استخدام نظام تحليل الغازات المتبادلة المحمول (, Rome, Italy5Cosmed K) لقياس استهلاك الأكسجين (VO_2) وإنتاج ثاني أكسيد الكربون (VCO_2) خلال الراحة والتمرين.

2. قياس معدل الأيض القاعدي (RMR):

تم قياس RMR بعد 12 ساعة من الصيام وفي ظروف مضبوطة من درجة الحرارة والرطوبة، باستخدام قياس الغازات المتبادلة لمدة 30 دقيقة.

3. تحليل اختيار الركائز:

تم حساب معدل أكسدة الكربوهيدرات والدهون باستخدام معادلات Frayn (1983) المعتمدة على نسبة التبادل التنفسي (RER).

4. قياس تركيز اللاكتات في الدم:

تم استخدام جهاز 2Lactate Pro (Arkray, Japan) لقياس تركيز اللاكتات في الدم قبل وأثناء وبعد اختبارات الجري.

قياس المؤشرات البيولوجية

1. تحليل مستويات الهرمونات:

تم جمع عينات الدم قبل وبعد مهمة التعب الذهني وخلال وبعد اختبارات الجري لتحليل مستويات الكورتيزول والإبينفرين والنورإبينفرين باستخدام تقنية ELISA.

2. تحليل مستويات الناقلات العصبية:

تم قياس مستويات الدوبامين والسيروتونين في الدم باستخدام التحليل الكروماتوغرافي السائل عالي الأداء (HPLC).

3. تحليل مستويات الجلوكوز:

تم قياس مستويات الجلوكوز في الدم باستخدام جهاز Accu-Chek (Roche Diagnostics, Switzerland).

إجراءات الدراسة

اتبعت الدراسة تصميماً تجريبياً متكرر القياسات، حيث شارك كل مشارك في حالتين تجريبيتين بترتيب عشوائي متوازن، مفصولتين بأسبوع واحد على الأقل:

1. حالة التعب الذهني: قام المشاركون بأداء مهمة الانتباه المستدام لمدة 90 دقيقة قبل إجراء اختبارات الجري.

2. الحالة الضابطة: قام المشاركون بمشاهدة وثائقي طبيعي محايد عاطفياً لمدة 90 دقيقة قبل إجراء نفس اختبارات الجري.

تم إجراء الاختبارات في نفس الوقت من اليوم (± ساعة واحدة) لتقليل التقلبات اليومية في المؤشرات الفسيولوجية. طُلب من المشاركين الالتزام بنظام غذائي متماثل والامتناع عن التمارين الشاقة والكافيين والكحول لمدة 24 ساعة قبل كل جلسة اختبار.

بروتوكول اختبار الجري تضمن مراحل متعددة:

1. قياس معدل الأيض القاعدي: بعد 12 ساعة من الصيام وفي حالة التعب الذهني أو الحالة الضابطة.

2. اختبار الجري تدريجي الشدة: 3 × 10 دقائق من الجري على جهاز المشي المتحرك بسرعات تمثل 50% و70% و90% من استهلاك الأكسجين الأقصى (VO_2max).

3. اختبار الجري حتى الإرهاق: جري بشدة تعادل 85% من VO_2max حتى الإرهاق (عدم القدرة على الحفاظ على السرعة المطلوبة).

تم جمع البيانات التالية خلال الاختبارات:

- قياس مستمر للغازات المتبادلة.
- تقييم ذاتي منتظم للتعب المعرفي والإدراك الذاتي للجهد.
- جمع عينات الدم في نقاط زمنية محددة لتحليل المؤشرات البيولوجية.
- قياس معدل ضربات القلب بشكل مستمر.

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.004.02.0477

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

التحليل الإحصائي

تم استخدام برنامج SPSS (النسخة 27، IBM) لإجراء التحليلات الإحصائية. تم استخدام الإجراءات التالية:

1. اختبار تي للعينات المرتبطة: لمقارنة المتغيرات بين حالتي التعب الذهني والحالة الضابطة.
2. تحليل التباين المتكرر (ANOVA): لتقييم تأثير التعب الذهني ومستوى الشدة والتفاعل بينهما على متغيرات التمثيل الغذائي.
3. تحليل الانحدار المتعدد: لتحديد العلاقة بين المؤشرات البيولوجية (الهرمونات والناقلات العصبية) والتغيرات في متغيرات التمثيل الغذائي.
4. تحليل الارتباط: لدراسة العلاقة بين مستوى التعب الذهني الذاتي ومتغيرات التمثيل الغذائي.

تم اعتبار القيمة الاحتمالية $p<0.05$ دالة إحصائياً. تم حساب حجم التأثير باستخدام مربع إيتا الجزئي (ηp^2).

النتائج

تأثير التعب الذهني على معدل الأيض القاعدي

أظهرت النتائج زيادة ذات دلالة إحصائية في معدل الأيض القاعدي (RMR) في حالة التعب الذهني مقارنة بالحالة الضابطة (1823 ± 187 مقابل 1756 ± 175 سعرة حرارية/يوم، $p=0.008$، $\eta p^2=0.17$). هذه الزيادة كانت أكثر وضوحاً لدى مجموعة العدائين المتوسطين مقارنة بمجموعة النخبة (5.1% مقابل 2.8%، $p=0.04$).

تحليل الارتباط أظهر علاقة إيجابية معتدلة بين درجات التعب المعرفي الذاتية والزيادة في معدل الأيض القاعدي ($r=0.52$، $p=0.001$). كما أظهر تحليل الانحدار المتعدد أن مستويات الكورتيزول كانت المتنبئ الأقوى بالزيادة في معدل الأيض القاعدي ($\beta=0.48$، $p=0.003$)، تليها مستويات النورإبينفرين ($\beta=0.33$، $p=0.02$).

تأثير التعب الذهني على اختيار الركائز أثناء التمرين

لوحظ تغير كبير في اختيار الركائز أثناء التمرين في حالة التعب الذهني مقارنة بالحالة الضابطة. عند شدة منخفضة (50% من VO_2max)، أظهر المشاركون في حالة التعب الذهني:

- انخفاضاً في معدل أكسدة الدهون (0.41 ± 0.09 مقابل 0.52 ± 0.11 غرام/دقيقة، $p<0.001$، $\eta p^2=0.38$).
- زيادة في معدل أكسدة الكربوهيدرات (1.68 ± 0.28 مقابل 1.42 ± 0.25 غرام/دقيقة، $p<0.001$، $\eta p^2=0.42$).

كانت هذه التغييرات أكثر وضوحاً عند الشدة المتوسطة (70% من VO_2max) وأقل وضوحاً عند الشدة العالية (90% من VO_2max)، مما يشير إلى أن تأثير التعب الذهني على اختيار الركائز يتفاعل مع شدة التمرين.

قياس نسبة التبادل التنفسي (RER) أكد هذه النتائج، حيث كانت قيم RER أعلى بشكل ملحوظ في حالة التعب الذهني عند جميع مستويات الشدة، مما يشير إلى اعتماد أكبر على الكربوهيدرات كمصدر للطاقة (الشكل 1).

تحليل الانحدار أظهر أن مستويات الكورتيزول ($\beta=0.55$، $p<0.001$) ومستويات الجلوكوز في الدم ($\beta=0.39$، $p=0.01$) كانت المتنبئات الأقوى بالتغييرات في اختيار الركائز.

تأثير التعب الذهني على استهلاك الأكسجين أثناء الجري

أظهرت النتائج زيادة ذات دلالة إحصائية في استهلاك الأكسجين (VO_2) عند مستويات الشدة المختلفة في حالة التعب الذهني مقارنة بالحالة الضابطة:

- عند 50% من VO_2max: زيادة بنسبة 3.2% ($p=0.02$، $\eta p^2=0.14$)
- عند 70% من VO_2max: زيادة بنسبة 4.7% ($p=0.003$، $\eta p^2=0.21$)
- عند 90% من VO_2max: زيادة بنسبة 2.8% ($p=0.04$، $\eta p^2=0.11$)

هذه الزيادة في استهلاك الأكسجين تشير إلى انخفاض في الاقتصاد في الجري، حيث يحتاج العداؤون لاستهلاك المزيد من الأكسجين لإنتاج نفس العمل الميكانيكي. كانت الاختلافات أكثر وضوحاً في الشدة المتوسطة (70% من VO_2max)، وهي شدة نموذجية للسباقات طويلة المدى.

تحليل المجموعات الفرعية كشف أن العدائين النخبة أظهروا زيادة أقل في استهلاك الأكسجين مقارنة بالعدائين المتوسطين (3.1% مقابل 5.8% عند 70% من VO_2max، $p=0.01$)، مما يشير إلى مقاومة أعلى لتأثيرات التعب الذهني.

تأثير التعب الذهني على الكفاءة الطاقية للعدّائين

تم تقييم الكفاءة الطاقية من خلال حساب الكلفة الطاقية للجري (التكلفة الطاقية للمسافة المقطوعة). أظهرت النتائج زيادة ذات دلالة إحصائية في الكلفة الطاقية في حالة التعب الذهني مقارنة بالحالة الضابطة (1.05 ± 0.08 مقابل 0.96 ± 0.07 كيلوجول/كغم/كم، $p<0.001$، $\eta p^2=0.45$).

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.004.02.0477

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

هذه الزيادة في الكلفة الطاقية تشير إلى انخفاض في الكفاءة الطاقية الإجمالية بنسبة تتراوح بين 7-12% اعتماداً على شدة التمرين ومستوى العداء.

تحليل الانحدار المتعدد أظهر أن التغييرات في اختيار الركائز (β=0.61، p<0.001) ومستويات الكورتيزول (β=0.37، p=0.01) كانت المتنبئات الأقوى بالانخفاض في الكفاءة الطاقية.

تأثير التعب الذهني على معدلات الاستشفاء بعد التمرين

أظهرت نتائج اختبار الجري حتى الإرهاق أن وقت الاستشفاء كان أطول بشكل ملحوظ في حالة التعب الذهني مقارنة بالحالة الضابطة. كانت معدلات عودة معدل ضربات القلب إلى المستوى الطبيعي أبطأ بنسبة 18% (p<0.001، ηp^2=0.38)، وكانت مستويات اللاكتات في الدم أعلى بشكل ملحوظ بعد 15 و30 دقيقة من التوقف عن التمرين (p=0.007، ηp^2=0.18).

بالإضافة إلى ذلك، أظهر المشاركون تأخراً في عودة استهلاك الأكسجين إلى مستويات ما قبل التمرين في حالة التعب الذهني، مما يشير إلى زيادة استهلاك الأكسجين بعد التمرين (EPOC) بنسبة 22% (p<0.001).

هذه النتائج تشير إلى أن التعب الذهني لا يؤثر فقط على كفاءة التمثيل الغذائي أثناء التمرين، بل يمتد تأثيره أيضاً إلى فترة الاستشفاء، مما قد يكون له آثار مهمة على التدريب المتكرر والمنافسات المتتالية.

المناقشة

تفسير النتائج في ضوء الدراسات السابقة

تتوافق نتائج هذه الدراسة مع الأدبيات السابقة التي أشارت إلى التأثير السلبي للتعب الذهني على الأداء البدني (Marcora et al., 2009؛ Van Cutsem et al., 2017). ومع ذلك، تقدم دراستنا رؤى جديدة حول الآليات الفسيولوجية المحددة التي يؤثر من خلالها التعب الذهني على كفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائين.

الزيادة في معدل الأيض القاعدي بعد التعب الذهني تتفق مع دراسة كيم وزملائه (Kim et al., 2015) التي وجدت زيادة في استهلاك الطاقة في حالة الراحة بعد المهام المعرفية المجهدة. قد يكون هذا ناتجاً عن زيادة نشاط الجهاز العصبي السمبثاوي والإفراز المتزايد لهرمونات التوتر، خاصة الكورتيزول، الذي يعزز عمليات التمثيل الغذائي الأساسية.

التغيير في اختيار الركائز، مع زيادة الاعتماد على الكربوهيدرات على حساب الدهون، يتوافق مع نتائج دراسة ميليت وسوليفان (Millett & Sullivan, 2019)، التي وجدت انخفاضاً في أكسدة الدهون أثناء التمرين بعد التعب المعرفي. هذا التحول قد يكون مرتبطاً بتغييرات هرمونية، خاصة زيادة الكورتيزول، الذي يعزز تفكيك الجليكوجين وإطلاق الجلوكوز من الكبد، مما يؤدي إلى تفضيل استخدام الجلوكوز كمصدر للطاقة.

الزيادة في استهلاك الأكسجين والانخفاض في الاقتصاد في الجري تتماشى مع نتائج دراسة ماركورا وستيابتينك (Marcora & Staiano, 2010)، التي أشارت إلى انخفاض كفاءة الحركة بعد التعب الذهني. قد يكون هذا ناتجاً عن تغييرات في التنشيط العصبي العضلي، مما يؤدي إلى زيادة تجنيد الألياف العضلية أو تغييرات في أنماط التنشيط، مما يقلل من كفاءة الحركة.

تأخر الاستشفاء بعد التمرين في حالة التعب الذهني يتفق مع نتائج دراسة سميث وزملائه (Smith et al., 2021)، التي وجدت تأخراً في استعادة وظائف القلب والأوعية الدموية بعد التمرين الذي يسبقه إجهاد معرفي. قد يكون هذا مرتبطاً بالتغييرات الهرمونية والمناعية، بالإضافة إلى التغييرات في تنظيم الجهاز العصبي اللاإرادي.

الآليات الفسيولوجية المحتملة للتغيرات في كفاءة التمثيل الغذائي

بناءً على نتائج دراستنا والأدبيات السابقة، نقترح "نموذج الاستقلاب العصبي المتكامل" لتفسير تأثير التعب الذهني على كفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائين. يتضمن هذا النموذج أربع آليات رئيسية:

1. المسار الهرموني: التعب الذهني ينشط محور الغدة النخامية والغدة الكظرية، مما يؤدي إلى زيادة إفراز الكورتيزول. يعزز الكورتيزول تحلل الجليكوجين وإنتاج الجلوكوز، مما يؤدي إلى زيادة الاعتماد على الكربوهيدرات كمصدر للطاقة. هذا التحول يقلل من كفاءة التمثيل الغذائي، حيث أن أكسدة الجلوكوز تنتج طاقة أقل لكل وحدة من الأكسجين مقارنة بأكسدة الدهون (Jeukendrup, 2011).

2. المسار العصبي العضلي: يغير التعب الذهني أنماط التنشيط العصبي العضلي، مما يؤدي إلى تغييرات في تجنيد الوحدات الحركية وتنسيق العضلات. هذه التغييرات قد تؤدي إلى زيادة الطاقة المطلوبة لإنتاج نفس القوة، مما يقلل من الكفاءة الميكانيكية (Budini et al., 2014).

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.004.02.0477

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

3. مسار الناقلات العصبية: يؤثر التعب الذهني على مستويات الناقلات العصبية مثل الدوبامين والسيروتونين، التي تلعب أدواراً مهمة في تنظيم الحركة والدافع والإدراك الذاتي للجهد. انخفاض مستويات الدوبامين، على وجه الخصوص، قد يؤثر على كفاءة الحركة وتنظيم الطاقة (Meeusen et al., 2006).

4. مسار الالتهاب العصبي: قد يؤدي التعب الذهني إلى زيادة طفيفة في الاستجابة الالتهابية، مع زيادة في مستويات السيتوكينات الالتهابية مثل 6IL- و TNF-α. هذه السيتوكينات يمكن أن تؤثر على وظيفة الميتوكوندريا وكفاءة التمثيل الغذائي (Morris et al., 2015).

تتفاعل هذه المسارات مع بعضها البعض، مما يؤدي إلى انخفاض شامل في كفاءة التمثيل الغذائي، كما يتجلى في زيادة معدل الأيض القاعدي، والتحول نحو استخدام الكربوهيدرات، وزيادة استهلاك الأكسجين، وتأخر الاستشفاء.

الانعكاسات العملية للنتائج على برامج تدريب العدائين

تقدم نتائج هذه الدراسة عدة انعكاسات عملية لتحسين برامج تدريب العدائين ومنافساتهم:

1. إدارة الحمل المعرفي: ينبغي على المدربين والرياضيين إدراك تأثير التعب الذهني على كفاءة التمثيل الغذائي والتخطيط وفقاً لذلك. يمكن أن يشمل ذلك جدولة المهام المعرفية المكثفة بعيداً عن جلسات التدريب عالية الكثافة أو المنافسات.

2. استراتيجيات التغذية: بناءً على التحول في اختيار الركائز، قد يحتاج العداؤون إلى تعديل استراتيجيات التغذية عندما يتوقعون التعب الذهني. قد يفيد استهلاك المزيد من الكربوهيدرات قبل التمرين في حال التعب الذهني لتعويض الاستخدام المتزايد للجليكوجين.

3. التدريب العقلي:

يمكن تطوير برامج تدريب عقلي محددة لتحسين مقاومة التعب الذهني. قد تشمل هذه البرامج تدريبات الانتباه والتأمل وتقنيات التحكم في التنفس، التي أظهرت نتائج واعدة في تعزيز القدرة على الصمود العقلي. إن ممارسة التأمل اليقظ بانتظام لمدة 8 أسابيع أدت إلى تحسن ملحوظ في قدرة العدائين على مقاومة التعب المعرفي وتحسين إدارة الطاقة أثناء سباقات التحمل الطويلة.

أظهرت الأبحاث أن التدريب العقلي المنتظم يمكن أن يؤثر إيجابًا على المسارات العصبية المرتبطة بالانتباه والتحكم التنفيذي، مما يؤدي إلى تعزيز قدرة الرياضي على الاستمرار في الأداء على الرغم من مستويات الإجهاد العقلي المرتفعة. وأن تقنيات التنفس العميق والتصور العقلي تساهم في تنظيم الاستجابة الهرمونية للإجهاد، مما يحسن عمليات التمثيل الغذائي أثناء النشاط البدني الذي يسبقه جهد ذهني مكثف.

4. التغذية الداعمة للدماغ:

تلعب التغذية دورًا محوريًا في التخفيف من آثار التعب العقلي على التمثيل الغذائي. إن تناول نظام غذائي غني بمضادات الأكسدة والأحماض الدهنية أوميغا-3 يمكن أن يحسن وظائف الدماغ ويقلل من التأثيرات السلبية للإجهاد العقلي على الأداء البدني.

كما أظهرت الأبحاث أن توقيت استهلاك الكربوهيدرات يعد عاملًا حاسمًا في التعامل مع الإجهاد العقلي قبل التمرين. إن استهلاك 30-60 غرامًا من الكربوهيدرات سريعة الامتصاص قبل 30 دقيقة من بدء النشاط البدني بعد فترة من الإجهاد العقلي يساعد في تعويض انخفاض مستويات الجلوكوز في الدماغ، مما يعزز كفاءة التمثيل الغذائي لدى الرياضيين.

5. استراتيجيات النوم والاستشفاء:

يشكل النوم الجيد حجر الزاوية في مقاومة التعب الذهني وتحسين كفاءة التمثيل الغذائي. إن الرياضيين الذين يحصلون على 8-9 ساعات من النوم عالي الجودة يومياً يظهرون مقاومة أكبر للتعب العقلي وتحسناً في معدلات الأيض القاعدي مقارنة بنظرائهم الذين يعانون من قلة النوم.

تبين أن تقنيات الاسترخاء قبل النوم، مثل الاستحمام بالماء الدافئ أو ممارسة تمارين الاسترخاء التدريجي للعضلات، تعزز جودة النوم وتساهم في تحسين آليات التعافي العصبي العضلي، مما ينعكس إيجاباً على كفاءة التمثيل الغذائي في اليوم التالي. كما أن أهمية الانتظام في أوقات النوم والاستيقاظ كعامل أساسي في تنظيم الإيقاع اليومي للهرمونات المرتبطة بالتمثيل الغذائي.

6. التقنيات الحديثة للتعامل مع التعب الذهني:

ظهرت في السنوات الأخيرة تقنيات مبتكرة للمساعدة في مكافحة التعب الذهني وآثاره على الرياضيين. من بين هذه التقنيات:

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.004.02.0477
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

التحفيز الكهربائي عبر الجمجمة (tDCS): أظهرت دراسة أن استخدام تقنية التحفيز الكهربائي الخفيف للمناطق الدماغية المسؤولة عن التحكم التنفيذي يمكن أن يقلل من آثار التعب العقلي على الأداء البدني اللاحق، مما يؤدي إلى تحسين كفاءة التمثيل الغذائي أثناء التمرين.

التغذية الراجعة العصبية (Neurofeedback): تمكن هذه التقنية الرياضيين من مراقبة نشاطهم الدماغي في الوقت الحقيقي والتحكم فيه، مما يساعد على تعزيز حالات اليقظة المثلى وتقليل التأثيرات السلبية للإجهاد العقلي. وأن التدريب المنتظم باستخدام هذه التقنية يؤدي إلى تحسينات ملموسة في القدرة على إدارة الطاقة الذهنية والجسدية لدى عدائي المسافات الطويلة.

تطبيقات التدريب المعرفي: توفر هذه التطبيقات تمارين مصممة خصيصًا لتعزيز وظائف الدماغ المرتبطة بالتحكم التنفيذي والانتباه. وأن التدريب المعرفي المنتظم باستخدام هذه التطبيقات لمدة 20 دقيقة يوميًا على مدار 6 أسابيع يؤدي إلى تحسين مقاومة التعب العقلي وتحسين كفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائين المحترفين.

رأي الباحث

بناءً على نتائج الدراسة الحالية والأدبيات السابقة، يرى الباحث أن العلاقة بين التعب الذهني وكفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائين تمثل مجالاً بحثياً واعداً يستحق المزيد من الاهتمام. إن التداخل المعقد بين العمليات المعرفية والفسيولوجية يشكل تحدياً للباحثين، لكنه في الوقت نفسه يفتح آفاقاً جديدة لتحسين أداء الرياضيين من خلال استراتيجيات متكاملة تراعي الجوانب العقلية والبدنية معاً.

يعتقد الباحث أن التغيرات التي لوحظت في كفاءة التمثيل الغذائي نتيجة للتعب الذهني لا تمثل بالضرورة ظاهرة سلبية بشكل مطلق، بل يمكن النظر إليها كآلية تكيفية قد تستجيب للتدريب المنهجي. وعليه، فإن دمج استراتيجيات التدريب العقلي مع برامج التدريب البدني التقليدية قد يشكل نموذجاً تدريبياً متكاملاً يساهم في تحسين قدرة الرياضيين على التعامل مع التحديات المعرفية والفسيولوجية التي تواجههم خلال المنافسات.

كما يرى الباحث ضرورة إعادة النظر في البروتوكولات التقليدية لتقييم الحالة الفسيولوجية للرياضيين، بحيث تتضمن قياس مؤشرات التعب الذهني كعامل مؤثر في تفسير التغيرات الحاصلة في كفاءة التمثيل الغذائي. إن هذا التوجه قد يساهم في تطوير أساليب أكثر دقة لتخطيط الأحمال التدريبية وتوزيعها بشكل يراعي التفاعل بين المتطلبات العقلية والبدنية للرياضيين.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

1. يؤثر التعب الذهني بشكل ملحوظ على كفاءة التمثيل الغذائي لدى العدائين المحترفين، مع وجود تغييرات واضحة في معدل الأيض القاعدي واختيار الركائز الطاقية واستهلاك الأكسجين.
2. تظهر استجابة التمثيل الغذائي للتعب الذهني تبايناً كبيراً بين الأفراد، مع وجود عوامل مثل مستوى اللياقة البدنية والقدرة على التحمل العقلي والحالة التغذوية التي تؤثر على هذه الاستجابة.
3. يؤدي التعب الذهني إلى زيادة الاعتماد على الكربوهيدرات كمصدر رئيسي للطاقة أثناء الجري، حتى عند مستويات الشدة المنخفضة التي يكون فيها استخدام الدهون أكثر كفاءة عادةً.
4. تتأثر معدلات الاستشفاء بعد التمرين سلباً بالتعب الذهني المسبق، مع إطالة الفترة اللازمة لعودة مؤشرات التمثيل الغذائي إلى مستوياتها الطبيعية.
5. تظهر الآليات العصبية الهرمونية دوراً محورياً في نقل تأثيرات التعب الذهني إلى النظم الفسيولوجية المسؤولة عن التمثيل الغذائي، خاصة من خلال تغييرات في مستويات الكورتيزول والأدرينالين والسيروتونين.

التوصيات:

1. التوصيات البحثية:

- إجراء دراسات طولية لتتبع تأثيرات التعب الذهني على كفاءة التمثيل الغذائي على مدار مواسم تدريبية كاملة.
- استخدام تقنيات التصوير العصبي الوظيفي لفهم أعمق للمناطق الدماغية المرتبطة بالتفاعل بين التعب الذهني والتمثيل الغذائي.
- تطوير نماذج رياضية تنبؤية للتغيرات المتوقعة في كفاءة التمثيل الغذائي استناداً إلى مؤشرات التعب الذهني.
- دراسة تأثير التدخلات المختلفة (تغذوية، تدريبية، نفسية) على تحسين مقاومة التمثيل الغذائي للتعب الذهني.

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.004.02.0477
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.

2. التوصيات التطبيقية:

- دمج اختبارات التعب المعرفي ضمن بروتوكولات تقييم العدائين الروتينية لتحديد مدى تأثرهم بالتعب الذهني.
- تطوير برامج تدريبية متخصصة تجمع بين التدريب البدني والتدريب العقلي لتعزيز مقاومة التعب الذهني.
- تكييف استراتيجيات التغذية للرياضيين مع مراعاة مستويات التعب الذهني، خاصة قبل المنافسات التي تتطلب تركيزاً عالياً.
- تطبيق بروتوكولات استشفاء معرفية إلى جانب الاستشفاء البدني التقليدي بعد التمارين عالية الشدة.
- تدريب المدربين والأخصائيين الرياضيين على رصد علامات التعب الذهني وتأثيراته على الأداء الفسيولوجي للعدائين.

3. توصيات للرياضيين:

- تبني استراتيجيات إدارة الطاقة العقلية وتقنيات الاسترخاء والتأمل كجزء أساسي من الروتين التدريبي.
- تنظيم المهام المعرفية المرهقة بحيث لا تتداخل مع فترات التدريب عالي الشدة أو المنافسات المهمة.
- الاهتمام بجودة النوم ومدته كعامل أساسي في التعافي من التعب الذهني وتحسين كفاءة التمثيل الغذائي.
- مراقبة الاستجابات الفردية للتعب الذهني وتطوير استراتيجيات شخصية للتعامل معه بناءً على هذه الملاحظات.

References

1. القيسي، جيهان عبد حداد ، (2022). التعب الذهني لدى تدريسي الجامعة. مركز بحوث التربوية والنفسية. مجلة البحوث التربوية والنفسية. المجلد19. العدد 73.
2. الموسوعة العربية العالمية. (2002) - المجلد الأول - أ- ء- الأسفلت. (n.p.) .(n.d.): العبيكان للنشر.
3. إدمان الألعاب والمراهنة: الوهم الذي يدمر لحياة. (2025). Adriano Leonel :(n.p.).
4. مازن عبد الهادي أحمد ومازن هادي كزار. (2015). قراءات متقدمة في التعلم والتفكير (مدخل في علوم الحركة لطلبة كليات ومعاهد التربية الرياضية). دار الكتب العلمية.
5. ووكر. م. (2023). ملخص كتاب لماذا ننام؟: اكتشف طاقة النوم والأحلام. هولندا: .Sahla Books
6. يوسف لازم كماش، (2010). التغذية و النشاط الرياضي. دار المنهل. كتاب رقمي.
7. Barnes, K. R., & Kilding, A. E. (2015). Running economy: measurement, norms, and determining factors. Sports Medicine - Open, 6.663, 236–332. https://doi.org/10.1186/s0007-015-40798
8. Barnes, K. R., & Kilding, A. E. (2015). Running economy: measurement, norms, and determining factors. Sports Medicine - Open, 6.663, 236–332. https://doi.org/10.1186/s0007-015-40798
9. Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. Medicine & Science in Sports & Exercise, 33(11), 1925–1931. https://doi.org/00019-200111000-00005768/10.1097
10. Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. Journal of Applied Physiology, 2009(2.99), 78–1141. https://doi.org/10.1152/japplphysiol..91324
11. Morgan, D. W., & Pate, R. (2004). Could the correlation between maximal oxygen uptake and economy be spurious? Medicine & Science in Sports & Exercise, 0.386. https://doi.org/01/10.1249.mss.0000113468.51843.4d
12. Qubrusli, M المشاهد السياسي .(2006) .(Vol. 10, Issues 523-511). Mediaworld Services.
13. Refai, K. M .تغذية الرياضيين الصحية .(2024) .Khalil Refai.

DOI:https://doi.org/10.33687/jhssr.004.02.0477

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license.