ZANCO Journal of Physical Education and Sport Sciences (ZJPESS)
Online ISSN: 2958-0900 Print ISSN: 2958-0897

استجابة بعض الاحماض الامينية بعد جهدي الهوائي واللاهوائي للمتدربين وغير ممارسين للنشاط الرياضي

م.د مريوان شفيق طاهر
Mariwan.taher@su.edu.krd

م. نبز كاكه ياسين
Nabaz.yaseen@su.edu.krd

معلومات البحث

القبول : ٢٠٢٥/٨/ ٣

النشر : ٢٠٢٥/١٢/٢٢

الكلمات المفتاحية : الاحماض الامينية – الجهد الهوائي – الجهد اللاهوائي

ملخص البحث

تهدف هذه الدراسة إلى:
- التعرف على الفروق في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجينين - BCAA) بين القياسات الثلاثة (قبل الجهد، بعد الجهد الهوائي، بعد الجهد اللاهوائي) لدى المتدربين.
- التعرف على الفروق في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجينين - BCAA) بين القياسات الثلاثة (قبل الجهد، بعد الجهد الهوائي، بعد الجهد اللاهوائي) لدى غير الممارسين للنشاط الرياضي.
- التعرف على الفروق في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجينين - BCAA) بين المجموعتين (المتدربين وغير الممارسين) بعد أداء الجهد الهوائي.
- التعرف على الفروق في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجينين - BCAA) بين المجموعتين (المتدربين وغير الممارسين) بعد أداء الجهد اللاهوائي.

استخدم الباحثان المنهج الوصفي بالاسلوب المقارن ليتناسب مع طبيعة الدراسة. وتم اختيار عينة البحث من مجموعتين بشكل عشوائي من خلال القرعة، إذ تم توزيع استمارة خاصة على كل مجموعة لجمع معلومات دقيقة عن نمط حياتهم. تمثّلت المجموعة الأولى في ١٥ متدربًا يمارسون التمارين الرياضية بانتظام، بينما تضم المجموعة الثانية ١٥ شخصًا من الافراد غير الممارسين للنشاط الرياضي ، وتم إجراء تحليل التوزيع الطبيعي لمتغيرات البحث باستخدام اختبار (Shapiro Will)، وأظهرت النتائج أن قيم الاحتمالية لجميع متغيرات الدراسة (الكلوتامين، الأرجينين، BCAAs) لكل من المتدربين وغير الممارسين تجاوزت مستوى الدلالة (٠,٠٥) مما يدل على أن بيانات العينة تتبع توزيعاً طبيعياً. كما قام الباحث بإجراء بعض التجارب الاستطلاعية للاختبار الهوائي واللاهوائي على جهاز السير المتحرك .

بدأت التجربة الأساسية بسحب ٥ مللتر من الدم من المشاركين في العينة قبل إجراء الاختبار الهوائي، بعد ذلك تم تنفيذ الاختبار الهوائي على جهاز السير المتحرك حتى الوصول إلى مرحلة التعب، عقب الانتهاء من الجهد الهوائي، يتم سحب ٥ مللتر أخرى من الدم ، تُكرر هذه الإجراءات للجهد اللاهوائي في اليوم التالي ، تُحفظ عينات الدم في حافظة مبردة لنقلها إلى المختبر ، إذ تُستخدم جهاز الطرد المركزي لفصل مكونات الدم والحصول على المصل، بعد ذلك يتم وضع المصل في الكتات (الحاويات) الخاصة بكل نوع من أنواع الأحماض الأمينية وتهيئتها لجهاز الـ Elisa على وفق بروتوكول محدد.

وبعد قياس تركيز الأحماض الأمينية المدروسة قبل وبعد الجهدين (الهوائي واللاهوائي). تم معالجة النتائج إحصائياً للوصول إلى الاستنتاجات الآتية:
- أظهرت النتائج أن كلا من الجهد الهوائي واللاهوائي لم يؤديان إلى انخفاض ذو دلالة معنوية في تركيز الأحماض الأمينية المدروسة (الكلوتامين، الأرجينين، BCAA) لدى المتدربين،
- أظهرت النتائج بوجود انخفاض معنوي ملحوظ في مستويات (الكلوتامين، الأرجينين، BCAA) بعد الجهدين الهوائي واللاهوائي للأفراد غير الممارسين مقارنة بالقياس القبلي
- تبين أن الانخفاض في مستوى الكلوتامين وBCAA لدى غير الممارسين كان أقل بعد الجهد اللاهوائي مقارنة بالجهد الهوائي .
- سُجل انخفاض في مستوى الأرجينين لدى غير الممارسين بعد كلا الجهدين الهوائي واللاهوائي .
- بعد الجهد الهوائي ، احتفظ المتدربون بمستويات أعلى من الكلوتامين مقارنة بغير الممارسين .
- بعد الجهد الهوائي ، احتفظ المتدربون بمستويات أعلى من الـ (BCAA) مقارنة بغير الممارسين .
- بعد الجهد الهوائي، لم يُلاحظ فرق معنوي في مستويات الأرجينين بين المتدربين وغير الممارسين
- بعد الجهد اللاهوائي، احتفظ المتدربون بمستويات أعلى من الأرجينين مقارنة بغير الممارسين .
- بعد الجهد اللاهوائي ، احتفظ المتدربون بمستويات أعلى من (BCAA) مقارنة بغير الممارسين .
- بعد الجهد اللاهوائي، لوحظ زيادة طفيفة في مستوى الكلوتامين لدى المتدربين مقارنة بغير الممارسين .

http://dx.doi.org/10.21271/ZJPESS.2.2.3

ZANCO Journal of Physical Education and Sport Sciences (ZJPESS)
Online ISSN: 2958-0900 Print ISSN: 2958-0897

Response of Some Amino Acids After Aerobic and Anaerobic Exercise in Trained and Non-Practicing Athletes

Abstract

The research aims to:

- Identify the differences in amino acid concentrations (Glutamine – Arginine - BCAA) among the three measurements (before effort, after aerobic effort, after anaerobic effort) in trained individuals.
- Identify the differences in amino acid concentrations (Glutamine – Arginine - BCAA) among the three measurements (before effort, after aerobic effort, after anaerobic effort) in non-practitioners of physical activity.
- Identify the differences in amino acid concentrations (Glutamine – Arginine - BCAA) between the two groups (trained and non-practitioners) after performing aerobic effort.
- Identify the differences in amino acid concentrations (Glutamine – Arginine - BCAA) between the two groups (trained and non-practitioners) after performing anaerobic effort.

The researcher used the descriptive methodology with a comparative approach due to its suitability for the nature of the research. The research sample consisted of two groups randomly selected through lottery after distributing a specific form to each group to gather precise personal information about each group's lifestyle pattern. The first group consisted of trained individuals who practice sports exercises regularly and are players from sports clubs in some team activities (football, basketball, volleyball), totaling 15 players. The second group consisted of non-practitioners of sports activity who do not practice sports at all and are college students from some universities in Erbil Governorate, totaling 15 individuals. Normal distribution testing was then conducted for research variables using the Shapiro-Wilk test, and results showed that probability values for all study variables (Glutamine, Arginine, BCAAs) for both trained and non-practitioners exceeded the significance level (0.05), indicating that the sample data follows a normal distribution. The researcher conducted some exploratory experiments for aerobic and anaerobic tests for both groups on the treadmill so that each sample member could gain a clear understanding of the aerobic and anaerobic tests and also to establish familiarity and adaptation between the subject and the device.

The main experiment began by drawing 5 ml of blood from sample members before starting the aerobic test, followed by conducting the aerobic test on the treadmill until fatigue, then drawing another 5 ml after completing the aerobic effort. These procedures were repeated for anaerobic effort the following day. Blood samples were placed in a cooled container for transport to the laboratory, where samples were placed in a centrifuge to separate blood components and obtain serum. The serum was then placed in specific kits for each type of amino acid and placed in the ELISA device following the kit's specific protocol.

After obtaining the concentration ratios of the studied amino acids (Glutamine, Arginine, BCAAs) (before effort, after aerobic effort, after anaerobic effort), they were statistically processed, leading to the following conclusions:

- Results showed that both aerobic and anaerobic efforts did not lead to a significant decrease in concentrations of the studied amino acids (Glutamine, Arginine, BCAA) in trained individuals, reflecting the effect of regular training in improving physiological adaptations and limiting the depletion of these acids during physical effort.
- The results showed a significant noticeable decrease in levels (Glutamine, Arginine, BCAA) after both aerobic and anaerobic exercises for non-practitioners compared to pre-exercise measurements. The most pronounced decrease was in glutamine and BCAA after aerobic exercise, while after anaerobic exercise, the most pronounced decrease was in arginine. This indicates limitations in non-practitioners' physiological adaptation capabilities compared to trained individuals."
- This appears to be from a scientific study examining amino acid levels (glutamine, branched-chain amino acids/BCAA, and arginine) in untrained versus trained individuals following different types of exercise.
- It became clear that the decrease in Glutamine concentration in non-practitioners was less after anaerobic effort compared to aerobic effort, indicating different effects of intensity and type of physical effort on the biological balance of this amino acid.
- Arginine recorded a decrease after both aerobic and anaerobic efforts in non-practitioners; however, this decrease did not reach the level of statistical significance, reflecting varied amino acid responses according to their metabolic characteristics.
- After aerobic effort, trained individuals maintained higher levels of Glutamine compared to non-practitioners, reinforcing the role of regular training in maintaining this vital amino acid.
- After aerobic effort, trained individuals maintained higher levels of BCAA compared to non-practitioners, reflecting training efficiency in reducing branched-chain amino acid consumption during physical activity.
- After aerobic effort, no significant difference was observed in Arginine levels between trained individuals and non-practitioners, indicating that this acid's response may not be significantly affected by training in this case.

- After anaerobic effort, trained individuals maintained higher levels of Arginine compared to non-practitioners, reflecting better metabolic adaptations that support the stability of this amino acid under high-effort conditions.
- After anaerobic effort, trained individuals maintained higher levels of BCAA compared to non-practitioners, confirming the ability of training to reduce the decrease in essential amino acids during intense exercises.
- After anaerobic effort, a slight increase in Glutamine appeared in trained individuals compared to non-practitioners, but it did not reach the level of statistical significance, indicating a limited effect of training on this variable under anaerobic effort conditions.

Keywords: Amino acids – Aerobic exercise – Anaerobic exercise

1 – 1 مقدمة البحث واهميته :

في ظل التقدم المستمر في العلوم الرياضية برزت الحاجة المتزايدة إلى فهم التغيرات البيوكيميائية والفسيولوجية التي تحدث في الجسم أثناء النشاط البدني خصوصًا تلك المتعلقة بالأحماض الأمينية ، اذ تُعد دراسة استجابة الأحماض الأمينية للجهد البدني من المحاور المتقدمة في علوم الفسيولوجيا الرياضية ، إذ تمثل هذه المركبات جسرًا وظيفيًا بين النشاط العضلي، والعمليات الايضية ، والاستجابة المناعية ، فالتمارين الرياضية سواء كانت هوائية والتي تعتمد على استهلاك الأوكسجين أو لاهوائية التي تعتمد على الطاقة الفورية ، تُحدث تغييرات فسيولوجية معقدة في الجسم وتغيرات كثيرة ومنها التغيرات في حالة الأحماض الأمينية في الدم والعضلات . (Powers & Howley, 2017)

وتعد الأحماض الأمينية اللبنات الأساسية لتكوين البروتينات في الكائنات الحية وتُقسم الأحماض الأمينية أيضًا من الناحية الوظيفية إلى عدة أنواع ، أهمها الأحماض متفرعة السلسلة(BCAAs) ، والتي تشمل الليوسين ، الإيزوليوسين ، والفالين ، وتلعب دورًا محوريًا في ايض العضلات وإنتاج الطاقة أثناء التمارين البدنية ، إلى جانب ذلك يُعد كل من الجلوتامين والأرجينين من الأحماض الأمينية شبه الأساسية (غير اساسية) ، حيث تتزايد الحاجة إليهما في ظروف الإجهاد البدني مثل التمارين المكثفة أو الإصابات (Castell & Newsholme, 1997).

للأحماض الأمينية وظائف متعددة ، فهي تدخل في تركيب الإنزيمات ، الهرمونات ، وناقلات الإشارة العصبية ، وتشارك في العمليات المناعية ، وتجديد الأنسجة ، وتنظيم التوازن النيتروجيني ، كما تمثل مصدرًا للطاقة البديلة في حالات الإجهاد البدني المطول ، حيث يمكن تحويل بعضها إلى جلوكوز عبر عملية التخليق الحيوي.(gluconeogenesis) (Gleeson, 2008)

يُعد تصنيف التمارين البدنية إلى هوائية (Aerobic) ولاهوائية (Anaerobic) أحد المبادئ الأساسية في علوم الفسيولوجيا الرياضية، ويستند إلى المسار الأيضي المُستخدم لإنتاج الطاقة داخل الجسم أثناء النشاط البدني. يتميز الجهد الهوائي بأنه نشاط ذو شدة منخفضة إلى متوسطة، ويُمارس لفترات زمنية طويلة نسبيًا، ويعتمد بشكل أساسي على وجود الأوكسجين لإنتاج الطاقة عبر الفسفرة التأكسدية داخل الميتوكوندريا وتشمل الأنشطة الهوائية : المشي، الجري الخفيف، السباحة، وركوب الدراجة. هذا النوع من التمارين يُسهم في تحسين كفاءة القلب والرئتين وزيادة القدرة على التحمل (Powers & Howley, 2017) ، في المقابل يُمثل الجهد اللاهوائي الأنشطة عالية الشدة والتي تُمارس لفترات زمنية قصيرة ، حيث يتم إنتاج الطاقة بسرعة بدون الحاجة إلى الأوكسجين، باستخدام أنظمة ATP-PC(فسفوكرياتين) وتحلل الجلوكوز اللاهوائي ، مما يؤدي إلى تراكم حمض اللاكتيك في العضلات. ومن أبرز الأمثلة : العدو السريع ، رفع الأثقال ، والقفز ، هذا النوع من التمارين يُركز على القوة ، السرعة ، والقدرة الانفجارية ، ويؤدي إلى تحفيز أكبر لزيادة الكتلة العضلية مقارنة بالتمارين الهوائية (Kenney et al., 2019, p35-27)

ومن هنا تبرز اهمية الدراسة في الامكانات العلمية والمعلومات التي تقدمها الدراسة في معرفة استجابة بعض الاحماض الامينية بعد جهدي الهوائي واللاهوائي للمتدربين وغير الممارسين للنشاط البدني.

١ – ٢ مشكلة البحث :

رغم التقدم الواضح في فهم الاستجابات الفسيولوجية للنشاط البدني ، لا يزال من غير الواضح تمامًا كيف تختلف التغيرات البيوكيميائية ، وخصوصًا في مستويات الأحماض الأمينية بين الأفراد المتدربين وغير الممارسين للنشاط البدني عند أداء أنواع مختلفة من الجهد (هوائي ولاهوائي) ، اذ ان اي جهد يقوم به الانسان سواءً كان رياضياً أو شخصاً لايمارس النشاط البدني فأنه حتماً سوف يؤدي ذلك الى حدوث تغيرات واستجابات عديدة في اجهزة الجسم المختلفة ، وتختلف الاستجابات والتغيرات الحاصلة في اجهزة الجسم باختلاف نوع الجهد البدني المبذول ، فالمجهود البدني الذي يتميز بالشدة العالية ولفترات قصيرة (اللاهوائي) تختلف حتما في نوع الاستجابات التي تحدث في الجسم عن المجهود البدني الذي يتميز بالشدة المعتدلة ولفترات زمنية طويلة نسبيا (الهوائي) ، والاحماض الامينية واحدة من المتغيرات التي تتأثر وتستجيب للجهد البدني باختلاف شدته وزمن الاداء ، كما أن غياب بيانات محلية دقيقة حول هذه التغيرات والاستجابات للاحماض الامينية في مجتمعينا أو في الفئات السكانية المختلفة ، يجعل من الضروري إجراء دراسات موضوعية تُعزز فهمنا للمتغيرات الفسيولوجية الناتجة عن النشاط البدني المختلف .

ومن هنا تبرز مشكلة البحث والتي تتمثل في وجود فجوة معرفية حول كيفية استجابة بعض الأحماض الأمينية الحيوية مثل والكلوتامين والأرجينين والسلسة المتفرعة للاحماض الامينية بعد أداء التمارين الهوائية واللاهوائية لدى فئتين مختلفتين من الأفراد (متدربين وغير ممارسين للنشاط البدني) ، لذا فإن البحث الحالي يُسهم او يحاول الاسهام في سد هذه الفجوة من خلال مقارنة وتحليل التغيرات والاستجابات الناجمة في مستوى تراكيز بعض الأحماض الأمينية قبل وبعد الجهد الهوائي واللاهوائي، لدى المتدربين وغير الممارسين للنشاط البدني ، بهدف تقديم أساس علمي لتفسير التغيرات البيوكيميائية الناجمة

١ – ٣ الاهداف :

١. التعرف على الفروق في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بين القياسات الثلاثة (قبل الجهد ، بعد الجهد الهوائي ، بعد الجهد اللاهوائي) لدى المتدربيي.
٢. التعرف على الفروق في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بين القياسات الثلاثة (قبل الجهد ، بعد الجهد الهوائي ، بعد الجهد اللاهوائي) لدى غير الممارسين للنشاط البدني.
٣. التعرف عن الفروق في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بين المجموعتين (المتدربين وغير الممارسين) بعد أداء الجهد الهوائي.
٤. التعرف عن الفروق في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بين المجموعتين (المتدربين وغير الممارسين) بعد أداء الجهد اللاهوائي.

١ – ٤ فروض البحث :

١. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بين القياسات الثلاثة (قبل الجهد ، بعد الجهد الهوائي ، بعد الجهد اللاهوائي) لدى المتدربين.
٢. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بين القياسات الثلاثة (قبل الجهد ، بعد الجهد الهوائي ، بعد الجهد اللاهوائي) لدى غير الممارسين للنشاط البدني.
٣. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بين المتدربين وغير الممارسين بعد أداء الجهد الهوائي.
٤. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين، الأرجنين، BCAA) بين المتدربين وغير الممارسين بعد أداء الجهد اللاهوائي.

١ – ٥ مجالات البحث :

١ – ٥ – ١ المجال البشري : مجموعة من المتدربين ومجموعة من غير الممارسين للنشاط البدني وبواقع (١٥) فرداً لكل مجموعة

١ – ٥ – ٢ المجال الزماني : من ٢٠٢٤/١٢/١ لغاية ٢٠٢٥/٧/٢٠

١ – ٥ – ٣ المجال المكاني : قاعة (SH) للرشاقة وقسم التحليلات في مستشفى مهرباني

٢ - منهجية البحث وإجراءاته الميدانية

٢ – ١ منهج البحث :

أستخدم الباحثان المنهج الوصفي بالأسلوب المقارن لملاءمته مع طبيعة البحث .

٢ – ٢ عينة البحث :

لقد تم اختيار عينة البحث بالطريقة العشوائية ممن تتوفر فيهم الشروط بحسب ما يقتضيه البحث ، إذ قام الباحثان بتوزيع استمارة استبيان على فئتين مختلفتين (المتدربين وغير الممارسين) كل مجموعة استمارة خاصة تم اعدادها لمعرفة بعض المعلومات الشخصية الدقيقة عن نمط الحياة وبعد الحصول على الاجابات تم فرز الاجابات التي تحضى بالقبول وكانت على النحو التالي :

١ – عدد الاجابات المقبولة للمتدربين ٣٢ اجابة .
٢ – عدد الاجابات المقبولة لغير الممارسين ٣٨ اجابة .

وقام الباحثان باختيار العينة بالطريقة العشوائية وباسلوب القرعة وكانت النتيجة النهائية كما يلي :

١ - المجموعة الأولى هم من المتدربين الذين يمارسون التمارين الرياضية بشكل منتظم وهم من لاعبي الأندية الرياضية لبعض الفعاليات الفرقية (كرة القدم ، كرة السلة ، الكرة الطائرة) والبالغ عددهم ١٥ لاعباً .
٢ - المجموعة الثانية تشمل الأشخاص الذين لا يمارسون أي نشاط رياضي ، وعددهم ١٥ شخصاً.

ويوضح الجدول (١) بعض مواصفات وخصائص العينة .

الجدول (١)
يبين خصائص المتغيرات المورفولوجية لأفراد مجموعتي البحث المتدربين وغير الممارسين

المتغيرات	المجموعة	س ـ	±ع	الالتواء
العمر	المتدربين	23.0714	2.64471	٠,٢٣٠
	غير الممارسين	20.7000	1.15950	٠,٧٢٧
الطول	المتدربين	178.1429	9.29729	٠,٤٥٦
	غير الممارسين	172.9000	8.00625	٠,٠١٢
الكتلة	المتدربين	75.9286	12.28172	١,٧٠٠
	غير الممارسين	72.3000	14.77272	-٠,٣٥٠
العمر التدريبي	المتدربين	8.0000	2.32048	٠,٠٨٦
	غير الممارسين	---	---	---

- **العمر:** بلغ متوسط عمر المتدربين (٢٣,٠٧) سنة، بانحراف معياري (٢,٦٤)، وبقيمة التواء (٠,٢٣٠). في حين سجّل غير الممارسين متوسط عمر (٢٠,٧٠) سنة ، بانحراف معياري (١,١٦)، وبقيمة التواء(0.727) .
- **الطول :** سجّل المتدربون متوسط طول (١٧٨,١٤) سم ، بانحراف معياري (٩,٣٠)، وبقيمة التواء (٠,٤٥٦). بينما بلغ متوسط الطول لغير الممارسين (١٧٢,٩٠) سم، بانحراف معياري (٨,٠١) ، وبقيمة التواء(0.012) .
- **الكتلة :** بلغ متوسط الكتلة للمتدربين (٧٥,٩٣) كغم، بانحراف معياري (١٢,٢٨)، وبقيمة التواء (١,٧٠٠). أما غير الممارسين فسجلوا متوسطًا (٧٢,٣٠) كغم، بانحراف معياري (١٤,٧٧) ، وبقيمة التواء(0.350−) .
- **العمر التدريبي:** سجّل المتدربون عمرًا تدريبيًا متوسطًا (٨,٠٠) سنوات ، بانحراف معياري (٢,٣٢) ، وبقيمة التواء (٠,٠٨٦). ولا تتوفر بيانات للعمر التدريبي لدى غير الممارسين.

٢ – ٣ التوزيع الاعتدالي :

تم اجراء التوزيع الاعتدالي لمتغيرات البحث باستخدام (Shapiro – Wilk)

الجدول (٢)
يبين التوزيع الاعتدالي لمجموعتي البحث في متغيرات الكلوتامين والارجينين و BCAA

المتغيرات	المجموعة	d.f	Shapiro-Wilk	Sig	الدلالة
كلوتامين mmol/L	متدربين	15	٠.968	٠.828	غير معنوي
	غير ممارسين	15	٠.890	٠.068	
أرجينين mmol/L	متدربين	15	٠.955	٠.604	غير معنوي
	غير ممارسين	15	٠.937	٠.344	
pg/ml BCAA	متدربين	15	٠.948	٠.494	غير معنوي
	غير ممارسين	15	٠.947	٠.473	

يتبيّن من نتائج اختبار Shapiro-Wilk ، كما هو موضح في الجدول (٢)، أن قيم الاحتمالية لجميع متغيرات الدراسة (الكلوتامين ، الأرجينين ، BCAA) لدى كل من المتدربين وغير الممارسين قد تجاوزت مستوى الدلالة (٠,٠٥) ، مما يشير إلى أن بيانات العينة تتبع توزيعًا اعتداليًا

وبناءً على هذه النتيجة ، قرر الباحثان اعتماد الأساليب الإحصائية المعلمية لمعالجة البيانات ، وذلك من خلال استخدام تحليل التباين للقياسات المتكررة (Repeated Measures ANOVA) عند مقارنة القياسات (القبلية وبعد الجهد الهوائي،وبعد الجهد اللاهوائي) واستخدام اختبار (ت) للعينات المستقلة (Independent Samples t-test) عند المقارنة بين المجموعتين للمتغيرات (الكلوتامين ، الأرجينين ، BCAA) بعد الجهدين (الهوائي واللاهوائي) ، نظرًا لما توفره هذه الاختبارات من دقة وملاءمة إحصائية في ظل تحقق شرط التوزيع الطبيعي للبيانات.

٢ – ٤ الأجهزة والأدوات ووسائل جمع البيانات :

٢ – ٤ – ١ الأجهزة والأدوات :

استخدم الباحثان ما يأتي :

- جهاز الكتروني لقياس الطول والوزن أمريكي المنشأ .
- جهاز السير المتحرك Treadmill أمريكي المنشأ .
- جهاز Elisa لقرأة نتائج تحليل الاحماض الامينية (Ray to) صيني المنشأ .
- جهاز الطرد المركزي Centrifuge (Hettich) ألماني المنشأ .
- حقن بلاستيكية معقمة حجم (٥) ملليلتر .
- أنابيب زجاجية لحفظ الدم خالية من مانع التخثر (EDTA) .
- أنابيب خاصة لحفظ المصل بعد فصل مكونات الدم Ependrof .
- قطن وكحول طبي للتطهير .
- رباط مطاطي Tourniquet لربط الذراع .
- ماصة (قطارة دقيقة) Micropipette .
- عدة (Kit) خاصة لكل نوع من انواع الاحماض الامينية صينية المنشأ من شركة (sunLog Biotect Co., LTD) .
- ساعة إيقاف الكترونية يدوية تقيس لأقرب (١ / ١٠٠) ثانية يابانية المنشأ .
- حاسبة يدوية يابانية الصنع نوع (Casio) للتأكد من بعض المعالجات الإحصائية .

٢ – ٤ – ٢ وسائل جمع البيانات والمعلومات :

- القياس والاختبار
- المصادر العربية والأجنبية
- المقابلة الشخصية
- التحليلات المختبرية
- التجارب الاستطلاعية
- استمارة استبيان
- الانترنيت

٢ – ٥ الخطوات الأولية لإجراء البحث

٢ – ٥ – ١ استمارة الاستبيان

قام الباحثان بتصميم استمارتين لاستبيان بعض المعلومات الشخصية لكل فرد من افراد العينة ، حيث وزعت الاستارة الاولى على فئة المتدربين ، اما الاستمارة الثانية فقد وزعت على غير الممارسين للنشاط البدني ، والتي تم على أساسها اختيار العينة الأنسب للبحث .

وكذلك تم توزيع استمارة خاصة على الخبراء والمختصين لاستبيان الرأي حول اختيار الاختبار الأنسب للجهد الهوائي واللاهوائي .

٢ – ٥ – ٢ قياس الطول والوزن

تم قياس الطول والوزن لأفراد العينة باستخدام جهاز الكتروني لقياس الطول والوزن ، يقف المتطوع على قاعدة الجهاز مرتدياً الملابس الرياضية الخفيفة وحافي القدمين ، ثم نقوم بعد ذلك بالضغط على زر البدء لتنزل المسطرة المعدنية الصغيرة إلى أن تلامس الرأس ، وبذلك سوف يعطي الجهاز على الشاشة الالكترونية طول ووزن كل فرد من أفراد العينة .

٢ – ٥ – ٣ التجارب الاستطلاعية

٢ – ٥ – ٣ – ١ التجربة الاستطلاعية الأولى

قام الباحثان بإجراء التجربة استطلاعية للاختبار الهوائي وبمساعدة فريق العمل المساعد بتاريخ (١٦ - ١٧ / ٢ / ٢٠٢٥) (يوم للمتدربين واليوم الاخر لغير الممارسين) وكان الهدف منها هو

١ – أن يأخذ كل فرد من أفراد العينة فكرة واضحة عن الاختبار الهوائي ، وما هو الغرض منه .

٢ – تدريب أفراد عينة البحث على كيفية الركض على الشريط الدوار .

٣ - إيجاد نوع من الألفة والتعود بين المتطوع والجهاز ، إذ إن أغلبية أفراد عينة البحث يركضون لأول مرة على هذا الجهاز .

٢ – ٥ – ٣ – ٢ التجربة الاستطلاعية الثانية

قام الباحثان بإجراء التجربة استطلاعية للاختبار اللاهوائي وبمساعدة فريق العمل المساعد بتاريخ (١٩ - ٢٠ / ٢ / ٢٠٢٥) (يوم للمتدربين واليوم الاخر لغير الممارسين) وكان الهدف منها هو

١ – أن يأخذ كل فرد من أفراد العينة فكرة واضحة عن الاختبار الهوائي ، وما هو الغرض منه .

٢ – تدريب أفراد عينة البحث على كيفية الركض على الشريط الدوار .

٣ - إيجاد نوع من الألفة والتعود بين المتطوع والجهاز ، إذ إن أغلبية أفراد عينة البحث يركضون لأول مرة على هذا الجهاز .

٢ – ٦ الاختبارات البدنية

استخدم الباحثان اختبارين احدهما يقيس الجهد الهوائي والأخر يقيس الجهد اللاهوائي باستخدام جهاز السير المتحرك

٢ – ٦ – ١ اختبار الجهد الهوائي (Brian, J. Sh., 1997 , p72-74) (طاهر: ٢٠١٢، ٧٣)

- الهدف من الاختبار : يقيس الاختبار القيمة القصوى لاستهلاك الأوكسجين (VO_2max) (بالطريقة غير المباشرة) والمعبر عن الجهد الهوائي
- الأدوات : جهاز السير المتحرك Treadmill ، ساعة توقيت
- مواصفات الاختبار :

١ – يقوم متطوع بإجراء بعض التمارين السويدية ثم يقوم بعملية الإحماء لمدة (٥) دقائق ، وذلك بالهرولة الخفيفة على الشريط الدوار بسرعة (9.6) كم / ساعة ، وبانحدار (٤٪)

٢ – إعطاء فترة راحة لا تزيد عن (٥) دقائق

٣ – يبدأ الاختبار بعد ضبط جهاز السير المتحرك على انحدار قدره (٤٪) وبسرعة قدرها (9.6) كم / ساعة .

٤ – عند بدأ المتطوع بالركض يبدأ المؤقت بتشغيل ساعة التوقيت .

٥ – بعد كل دقيقة نقوم برفع الانحدار درجة واحدة إلى أن يصل إلى (١٠٪) ، ثم نقوم بزيادة السرعة (1.6) كم / ساعة بعد كل دقيقة ولغاية التعب (الملحق ٥)
٦ – يستمر الاختبار بزيادة السرعة إلى أن يصل المتطوع مرحلة التعب .
٧ – يوقف المؤقت ساعة الإيقاف لحظة مسك المتطوع بالحاجز الجانبي لجهاز الشريط الدوار ويقوم بتسجيل الزمن المستغرق والسرعة النهائية والانحدار باستمارة خاصة .

٢ – ٦ – ٢ اختبار الجهد اللاهوائي (Brian, J. Sh., 1997 , p72-74) (طاهر: ٢٠١٢، ٧٤-٧٥)

- الهدف من الاختبار : يقيس الاختبار الجهد اللاهوائي ، إذ انه يستخلص الجهد الأقصى خلال مدة لا تزيد عن (٣) دقائق
- الأدوات : جهاز السير المتحرك ، ساعة توقيت
- مواصفات الاختبار :

١ – يقوم المتطوع بإجراء بعض التمارين السويدية ثم يقوم بعملية الإحماء لمدة لا تزيد عن (٥) دقائق وذلك بالسير أو الهرولة الخفيفة على جهاز السير المتحرك .
٢ – إعطاء فترة راحة (٥) دقائق .
٣ – يتم ضبط الشريط الدوار بوضعه على انحدار قدره (١٥٪) وسرعة قدرها (١٦) كم / ساعة
٤ – مع استمرار مسك المتطوع بالحاجز الجانبي للجهاز يبدأ الاختبار بقفز المتطوع على الشريط الدوار ليبدأ بالركض
٥ – عند بدء المتطوع بالركض يبدأ المؤقت بتشغيل ساعة التوقيت .
٦ – يستمر الاختبار إلى أن يصل المتطوع إلى مرحلة التعب .
٧ – يوقف المؤقت ساعة التوقيت لحظة مسك المتطوع للحاجز الجانبي للجهاز أو بالقفز إلى حافتي الجهاز اختيارياً بعد شعوره بالتعب وعدم القدرة على الاستمرار ، ويقوم المؤقت بتسجيل الزمن في استمارة خاصة .

٢ – ٧ جمع عينات الدم

سحبت عينات الدم من الوريد بواسطة محقنه بلاستيكية معقمة ، وكان حجم الدم المسحوب (5) مللتر لكل فرد من العينة قبل الاختبار وبعده لإجراء قياس مستوى تراكيز الاحماض الامينية المدروسة ، ثم تم نقله الى المختبر بواسطة حافظة مبردة ومن ثم تم وضع عينات الدم داخل جهاز الطرد المركزي والبدء بالدوران بسرعة ٣٠٠٠ دورة/ دقيقة لمدة ١٠- ١٥ دقيقة للحصول على المصل وبعد ذلك سحب المصل بواسطة مايكروبايبيت ووضعها داخل أنابيب ابندروف ، وبعدها تم وضع المصل داخل الكتات الخاصة بكل نوع من انواع الاحماض الامينية ووضعها في جهاز Elisa بروتوكول خاص بالكت نفسه .

٢ – ٨ التجربة الرئيسة : تم اجراء اختبارات الهوائية واللاهوائية على النحو التالي :

- تم اجراء اختبار الجهد الهوائي للمتدربين بتأريخ (٢٠٢٥/٢/٢٤) .
- تم اجراء اختبار الجهد الهوائي لغير الممارسين بتأريخ (٢٠٢٥/٢/٢٥) .
- تم اجراء اختبار الجهد اللاهوائي للمتدربين بتأريخ (٢٠٢٥/٢/٢٦) .
- تم اجراء اختبار الجهد اللاهوائي لغير الممارسين بتأريخ (٢٠٢٥/٢/٢٧) .

إذ قام الباحثان وبمساعدة فريق العمل المساعد بما يأتي :

- تم سحب (٥) ملليلتر من الدم الوريدي من ثنية المرفق قبل البدء بالجهد ، أي في حالة الراحة
- يتم وضعها في أنابيب زجاجية لا تحوي على مانع تخثر .
- ثم يبدأ المختبر بإجراء عملية إحماء خفيفة .
- بعدها نبدأ بالجهد (الهوائي أو اللاهوائي) على جهاز السير المتحرك ولغاية الإجهاد .
- يتم تسجيل الزمن المنجز في استمارة خاصة من قبل الميقاتي .
- ثم يتم سحب (٥) ملليلتر من الدم الوريدي بعد الجهد .
- يتم وضعها في انابيب زجاجية لا تحوي على مانع تخثر .

٢ – ٩ الوسائل الإحصائية

- تم استخدام البرنامج الإحصائي الجاهز (SPSS) لمعالجة النتائج والبيانات .

٣- عرض وتحليل ومناقشة النتائج

بعد التأكد من توفرالتوزيع الاعتدالي باستخدام اختبار (Shapiro-Wilk) لمتغيرات الدراسة ، باعتبار ان هذا المؤشر يعد من الشروط الاساسية في معالجة نتائج الدراسة باستخدام وسائل الاحصاء المعلمية ، والمتمثلة بتحليل التباين بالاتجاه الواحد ذو القياسات المتكررة واختبار (t) المستقلة. وعليه تم التحقق من نتائج فرضيات البحث بالوسائل الاحصائية المعلمية وكما يأتي:

٣-١ عرض وتحليل النتائج المتعلقة بالفرضية الأولى:

"لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بين القياسات الثلاثة (قبل الجهد، بعد الجهد الهوائي، بعد الجهد اللاهوائي) لدى المتدربين."

الجدول (٣)
يبين الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية لمتغيرات (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) للقياسات (قبل الجهد، بعد الجهد الهوائي، بعد الجهد اللاهوائي) لدى المتدربين

المتغيرات	القياس القبلي		بعد الجهد الهوائي		بعد الجهد اللاهوائي	
	المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف
كلوتامين mmol/L	٦٩,٨٧٨	٩,٨١٧	٦٤,١٦٧	٩,٢٥٢	٦٦,٥٣٤	١٣,٥٩٨
أرجينين mmol/L	٦,٣٠١	٢,٨٨٣	6.075	2.697	5.980	1.489
pg/ml BCAA	1293.565	106.646	1165.850	347.313	1084.331	149.008

يتضح من الجدول (٣) مايأتي:-

١- **متغير الكلوتامين:-** انخفض متوسط الكلوتامين من (٦٩,٨٧٨) وبانحراف معياري قدره (٩,٨١٧) في القياس القبلي إلى (٦٤,١٦٧) وبانحراف معياري (٩,٢٥٢) بعد الجهد الهوائي، وبقيمة انخفاض بلغت (٥,٧١١) mmol/L. اما بعد الجهد اللاهوائي فبلغ المتوسط (٦٦,٥٣٤) بانحراف معياري (١٣,٥٩٨)، مسجلًا انخفاضًا عن القياس القبلي بمقدار (٣,٣٤٤) mmol/L

٢- **متغير الأرجنين- :** سجل الأرجنين متوسطًا قدره (٦,٣٠١) بانحراف معياري (٢,٨٨٣) في القياس القبلي، ثم انخفض إلى (٦,٠٧٥) بانحراف معياري (٢,٦٩٧) بعد الجهد الهوائي بقيمة انخفاض بلغت (٠,٢٢٦) mmol/L. اما في القياس بعد الجهد اللاهوائي فبلغ المتوسط (٥,٩٨٠) بانحراف معياري (١,٤٨٩)، مسجلًا انخفاضًا قدره (٠,٣٢١) mmol/L مقارنة بالقيمة القبلية.

٣- **متغير BCAA :-** بدأ متوسط BCAA في القياس القبلي عند (١٢٩٣,٥٦٥) بانحراف معياري (١٠٦,٦٤٦)، ثم انخفض إلى (١١٦٥,٨٥٠) بانحراف معياري (٣٤٧,٣١٣) بعد الجهد الهوائي، بقيمة انخفاض بلغت (١٢٧,٧١٥) pg/ml. وفي القياس بعد الجهد اللاهوائي، بلغ المتوسط (١٠٨٤,٣٣١) بانحراف معياري (١٤٩,٠٠٨)، بانخفاض عن القيمة القبلية قدره (٢٠٩,٢٣٤) pg/ml.

الجدول (٤)
المقارنة في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بين القياسات الثلاثة (قبل الجهد، بعد الجهد الهوائي، بعد الجهد اللاهوائي) لدى المتدربين

المتغيرات	مصادر الاختلاف	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	F	sig	الدلالة
كلوتامين mmol/L	بين المجموعات	٢٤٦,٩٦٢	٢	123.481	٠,٨٤٩	٠.٤٣٨	غير معنوي
	داخل المجموعات	٤٠٧١,١٣٧	٢٨	١٤٥,٣٩٨			
أرجينين mmol/L	بين المجموعات	3.496	2	1.748	0.410	0.668	غير معنوي
	داخل المجموعات	119.349	28	4.262			
Pg/ml BCAA	بين المجموعات	٣٣٣٦٧٨,٨٤	٢	١٦٦٨٣٩,٤٢	٣,٠١١	٠,٠٦٥	غير معنوي
	داخل المجموعات	١٥٥١٧٢٥,٨٧	٢٨	٥٥٤١٨,٧٨١			

يتضح من الجدول (٤) أن نتائج تحليل التباين الأحادي للقياسات المتكررة الخاصة بتركيز الأحماض الأمينية الثلاثة (الكلوتامين، الأرجنين، BCAA) عبر ثلاث مراحل زمنية (قبل الجهد، بعد الجهد الهوائي، بعد الجهد اللاهوائي) لدى المتدربين ، قد أظهرت اتجاهًا عامًا نحو الانخفاض في القيم لجميع المتغيرات، إلا أن هذا الانخفاض لم يصل إلى مستوى الدلالة الإحصائية ، حيث بلغت قيمة الدلالة لمتغير الكلوتامين (Sig = 0.438) والأرجنين (Sig = 0.668) وBCAA (Sig = 0.065) ، وهي جميعها أعلى من القيمة المعتمدة للدلالة (٠,٠٥)، مما يعني إحصائيًا أن الفروق غير معنوية ، رغم ما تشير إليه المتوسطات من تراجع في القيم بعد الجهد.

يمكن تفسير هذا الانخفاض غير المعنوي في المتغيرات الثلاثة من خلال التكيفات البيوكيميائية الناتجة عن التدريب المنتظم، إذ تظهر أجسام المتدربين قدرة ملحوظة على تنظيم الاستجابات الفسيولوجية خلال التمرين، خاصة فيما يتعلق بالأحماض الأمينية.

ويعتبر الكلوتامين من الأحماض الحيوية التي تدعم المناعة وتحقق التوازن النيتروجيني، وغالبًا ما ينخفض مستواه مع التمارين الشديدة، لكن الجسم المتدرب يتعامل معه بكفاءة أكبر.

تشير دراسة جمال عبد الملك فارس (٢٠٠٩) إلى أن انخفاض مستوى الكلوتامين بعد جهد بدني عالي الشدة يعد أمرًا طبيعيًا، وأن الجسم يستطيع استعادة توازنه بفضل التكيفات التي تنتج عن التدريب (فارس، ٢٠٠٩، ١٧٩).

أما بالنسبة لمستوى الأرجينين، فقد لوحظ تراجع طفيف جدًا بعد الجهد الهوائي واللاهوائي، وهو انخفاض غير ملحوظ إحصائيًا، مما يدل على استقرار دوره الفسيولوجي في دعم تصنيع أكسيد النيتريك وتحسين الدورة الدموية لدى المتدربين.

أظهرت الأبحاث التجريبية أن مستوى الأرجينين في البلازما لا يتعرض لتغيرات كبيرة بعد ممارسة التمارين الهوائية أو اللاهوائية، إذ يكون هناك ميل لانخفاض طفيف أو للبقاء ثابتاً، وذلك يعتمد على شدة التمرين ومدة الأداء واللياقة البدنية للفرد. ويعود هذا الاستقرار إلى أن الأرجينين يشارك في عدة مسارات أيضية، مثل إنتاج أكسيد النيتريك ودورة اليوريا، مما يمكّن الجسم من الحفاظ على توازن مستوياته خلال وبعد النشاط البدني (Matsumoto et al; 2009,214).

كما تشير دراسة زيد أحمد حسين (٢٠٢٤) إلى أن التمارين ذات الشدة العالية تعزز من المؤشرات الوظيفية دون أن تسبب تقلبات حادة في مستوى الأرجينين في الدم، وذلك بفضل قدرة الجسم المتدرب على تنظيمه ضمن الحدود الطبيعية (حسين، ٢٠٢٤، ١٨).

أظهرت دراسة (Zajac et al) أن معظم الأحماض الأمينية المرتبطة بالبروتين، مثل الأرجينين، قد تشهد تغييرات محدودة بعد ممارسة الجهد البدني الشديد، لكنها غالبًا ما تعود إلى مستوياتها الطبيعية في غضون ساعات، مما يدل على أن هذه الاستجابة مؤقتة وليست تغييرات مستدامة (Zajac et al., 2015, 88).

أما بالنسبة لـ BCAAs، فقد سجلت مستوى مرتفع نسبيًا قبل الجهد، وانخفضت بشكل واضح بعد الجهد الهوائي، واستمر الانخفاض الطفيف بعد الجهد اللاهوائي، ولكن لم يكن هذا الانخفاض ذو دلالة إحصائية. تعتبر BCAAs من الأحماض الأكثر استجابة للجهد البدني؛ لذا يظهر أنها قريبة من مستوى الدلالة، مما يعكس دورها الهام في إنتاج الطاقة أثناء الجهد العضلي.

هذا النمط يدل على أهمية BCAAs كمصدر سريع للطاقة أثناء النشاط العضلي المكثف، إذ يتم استهلاكها بفاعلية، ولكن الجسم المدرب يقوم بإعادة تدويرها بسرعة، مما يمنع حدوث انخفاض كبير يمكن قياسه إحصائيًا.

تعتبر أحماض BCAAs من الأحماض الأمينية الأكثر تأثراً بالتغيرات الأيضية خلال ممارسة التمارين البدنية، حيث تعتمد العضلات عليها كمصدر رئيسي للطاقة عبر أكسدة الأحماض الأمينية في الميتوكوندريا. كما تلعب هذه الأحماض دوراً في تقليل الإجهاد العضلي وتأخير الشعور بالتعب (Blomstrand & Saltin, 2001, 27).

تشير الأبحاث إلى أن الانخفاض في مستوياتها يحدث غالباً بسبب زيادة استخدامها في توليد الطاقة وتزويد دورة حامض الكربوكسيليك (TCA cycle) بالوسائط الأيضية أثناء الجهد، إلا أن مستوياتها تميل إلى العودة تدريجياً إلى حالتها الطبيعية خلال فترة التعافي (Gualano et al, 2011, 74).

وفقاً لما أوضحه Harber et al (٢٠٠٩)، فإن استجابة مستويات BCAAs تعتمد على شدة الجهد البدني وحالة التدريب، حيث يُلاحظ أن الأفراد المتدربين يعانون من انخفاض أقل حدة مقارنةً بالذين لا يمارسون الرياضة، وذلك نتيجة للتكيفات الأيضية التي اكتسبوها (Harber et al, 2009, 541).

التفسير الآخر المحتمل لهذه النتيجة قد يكون أن الانخفاض غير المعنوي في المتغيرات الثلاثة يشير إلى وجود تغييرات فسيولوجية حقيقية، لكنها تبقى ضمن الحدود الطبيعية لاستجابة الجسم للتمرين. فالتدريب المستمر يعزز قدرة الجسم على الحفاظ على التوازن البيوكيميائي ويقلل من التغيرات المفاجئة في مستويات المركبات الحيوية. كما أن الفروق غير المعنوية لا تعني بالضرورة غياب التأثير للجهد البدني سواء كان هوائيًا أو لا هوائيًا. يُلاحظ أيضًا أن BCAAs قريبة من مستوى الدلالة، مما يشير إلى وجود استجابة بيولوجية ملحوظة لها مع كل من التمرين اللاهوائي والهوائي.

ويشير Lemon (١٩٩٧) إلى أن الرياضيين المدربين يظهرون استجابة أقل حدة في مستويات الأحماض الأمينية بعد التمارين مقارنة بغيرهم، حيث تلعب التكيفات الناتجة عن التدريب دورًا هامًا في تقليل فقد الأحماض الحيوية مثل الكلوتامين وBCAAs، مما يحافظ على مستواها قريبًا من الطبيعي بعد ممارسة النشاط البدني (Lemon, 1997, 215).

يشير Tipton وWolfe (٢٠٠١) إلى أن الانخفاض في مستويات الأحماض الأمينية بعد التمرين هو أمر طبيعي من الناحية الفسيولوجية، ولكن كفاءة الجسم المدرب تساعد على إعادة تدوير هذه الأحماض بسرعة داخل العضلات، مما يؤدي إلى ظهور تغييرات ملحوظة على المستوى العملي رغم أنها قد لا تكون معنوية عند إجراء التحليل الإحصائي (Tipton & Wolfe, 2001, 85) .

كما يذكر Hawley (٢٠٠٢) أن قدرة الجسم على إدارة استهلاك الأحماض الأمينية أثناء ممارسة الرياضة تعتمد على مستوى التدريب، حيث يعاني الأفراد غير المدربين من انخفاض حاد، بينما يسجل المتدربون تراجعًا محدودًا بفضل تحسين كفاءة الأكسدة وتوازن الطاقة (Hawley, 2002, 133) .

يشير Tarnopolsky (٢٠٠٤) إلى أن انخفاض مستويات الأحماض الأمينية بعد ممارسة التمارين الرياضية لا يعد مؤشرًا سلبيًا بشكل دائم، بل يعكس نشاطًا أيضيًا طبيعيًا. كما أن التدريب المنتظم يعزز من قدرة العضلات على امتصاص هذه الأحماض وإعادة استخدامها في عمليات البناء، مما يقلل من ظهور التغيرات الإحصائية (Tarnopolsky, 2004, 77).

فيما يتعلق بالتدريب المستمر، يوضح Powers وHowley (٢٠١٧) أنه يعزز من مرونة الجسم في التكيف مع الضغوط البدنية ويقلل من التغيرات المفاجئة في المؤشرات الحيوية. حيث تظهر الأحماض الأمينية، وخاصة BCAAs، تذبذبًا طفيفًا لدى الرياضيين المدربين مقارنة بغيرهم، مما يفسر القرب النسبي من الدلالة في نتائج الدراسة (Powers & Howley, 2017; 249).

تشير نتائج هذه الدراسة إلى عدم وجود فروق معنوية في مستويات الأحماض الأمينية (مثل الكلوتامين، الأرجينين، وBCAAs) بين القياسات الثلاثة لدى المتدربين، وهذا يتوافق مع نتائج عدة دراسات حديثة عربية وأجنبية. إذ أظهرت دراسة الخطيب وعبد الواحد (٢٠٢١) أن الرياضيين ذوي الخبرة يتمتعون بثبات نسبي في تركيز الأحماض الأمينية في الدم بعد ممارسة الجهد، وذلك بفضل التحسينات في كفاءة التمثيل الغذائي والبروتيني لديهم (الخطيب وعبد الواحد، ٢٠٢١: ٥٥).

كما توصلت دراسة Patel et al)) إلى أن لاعبي التحمل الذين يتدربون بانتظام لا يظهرون فروقًا مهمة في تركيز BCAAs أو الكلوتامين مباشرة بعد الأداء، وذلك بسبب قدرتهم على تنظيم هذه المركبات بشكل سريع وفعال (Patel et al; 2020, 109).

دعمت دراسة Caruso and Reed (٢٠٢١) هذه النتائج، حيث أظهرت أن المتدربين لديهم أنظمة أيضية مستقرة قادرة على التعامل بكفاءة مع التغيرات الناتجة عن التمارين، مما يقلل من فرصة ظهور فروق إحصائية ملحوظة في المؤشرات البايوكيميائية بين فترات القياس المختلفة .(Caruso & Reed, 2021, 74)

كما يتماشى هذا التفسير مع دراسة السيد نصر شادي (٢٠٢١)، التي أثبتت أن الأجسام المدربة تتمتع بقدرة أفضل على الحفاظ على التوازن البيوكيميائي بعد التمارين. وقد أظهرت نتائج لاعبي الجودو ثباتًا نسبيًا في مستويات الأحماض الأمينية وكريات المناعة رغم التمارين المكثفة، مما يوضح أن أي انخفاض في القيم قد يكون محسوسًا من الناحية الوظيفية، لكنه لا يصل إلى حد الدلالة الإحصائية (شادي، ٢٠٢١، ٤٤٥).

تشير دراسة القليوبي وآخرون (٢٠١٧) إلى أن التنظيم الأيضي الناتج عن التدريب يساهم في تقليل التغيرات المفاجئة في تركيزات المركبات الحيوية بعد الأداء البدني، مما يفسر عدم وجود فروق ذات دلالة رغم الانخفاض الظاهر (القليوبي وآخرون: ٢٠١٧، ٢٥).

وتجمع هذه الدراسات على أن انتظام ممارسة التدريب البدني يساعد في استقرار استجابات الجسم الحيوية ويعزز قدرة الرياضيين على التكيف مع الجهد دون حدوث تغيرات بايوكيميائية حادة أو مفاجئة.

٣-٢ عرض وتحليل ومناقشة النتائج المتعلقة بالفرضية الثانية:-

"لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بين القياسات الثلاثة (قبل الجهد، بعد الجهد الهوائي، بعد الجهد اللاهوائي) لدى غير الممارسين للنشاط البدني"

الجدول (٥)

يبين الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية لمتغيرات (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) للقياسات (قبل الجهد، بعد الجهد الهوائي، بعد الجهد اللاهوائي) لدى غير الممارسين

المتغيرات	القياس القبلي		بعد الجهد الهوائي		بعد الجهد اللاهوائي	
	المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف	المتوسط	الانحراف
كلوتامين mmol/L	71.567	13.728	50.949	5.772	61.849	8.249
أرجينين mmol/L	8.662	2.186	5.174	1.489	4.535	0.899
pg/ml BCAA	1260.848	100.147	823.094	164.615	943.463	170.108

يتضح من الجدول (٥) مايأتي :

١- **متغير الكلوتامين:-** سجّل الكلوتامين في القياس القبلي متوسطًا قدره (٧١,٥٦٧) بانحراف معياري (١٣,٧٢٨) ، ثم انخفض بعد الجهد الهوائي إلى (٥٠,٩٤٩) بانحراف معياري (٥,٧٧٢)، بقيمة انخفاض بلغت (٢٠,٦١٨) mmol/L. واما بعد الجهد اللاهوائي فسجل متوسطا قدره (٦١,٨٤٩) بانحراف معياري (٨,٢٤٩) ومسجلًا انخفاضًا عن القياس القبلي بمقدار (٩,٧١٨) mmol/L .

٢- **متغير الأرجنين:-** بلغ متوسط الأرجنين في القياس القبلي (٨,٦٦٢) بانحراف معياري (٢,١٨٦) ، ثم انخفض بعد الجهد الهوائي إلى (٥,١٧٤) بانحراف معياري (١,٤٨٩) ، أي بانخفاض قدره (٣,٤٨٨) mmol/L. واستمر الانخفاض بعد الجهد اللاهوائي ليصل إلى (٤,٥٣٥) بانحراف معياري (٠,٨٩٩)، بفارق إجمالي عن القياس القبلي بلغ (٤,١٢٧) mmol/L .

٣- **متغيرBCAA :-** سجّل BCAA متوسطًا قدره (١٢٦٠,٨٤٨) بانحراف معياري (١٠٠,١٤٧) في القياس القبلي، ثم انخفض بعد الجهد الهوائي إلى (٨٢٣,٠٩٤) بانحراف معياري (١٦٤,٦١٥)، بفارق كبير بلغ (٤٣٧,٧٥٤) pg/ml. وبعد الجهد اللاهوائي سجل متوسطا قدره (٩٤٣,٤٦٣) بانحراف معياري (١٧٠,١٠٨)، لكنه ظل أقل من القياس القبلي، بفارق انخفاض قدره (٣١٧,٣٨٥) pg/ml.

الجدول (٦)

المقارنة في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بين القياسات الثلاثة (قبل الجهد، بعد الجهد الهوائي، بعد الجهد اللاهوائي) لدى غير الممارسين

المتغيرات	مصادر الاختلاف	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	F	sig	الدلالة
كلوتامين mmol/L	بين المجموعات	٣١٩١,٩٥٩	٢	١٥٩٥,٩٨٠	١٥,٦٤٢	٠.٠٠٠	معنوي
	داخل المجموعات	٢٨٥٦,٨٠٤	٢٨	١٠٢,٠٢٩			
أرجينين mmol/L	بين المجموعات	١٤٨,٠٨٨	٢	٧٤,٠٤٤	٢٧,٠٤٩	٠.٠٠٠	معنوي
	داخل المجموعات	٧٦,٦٤٧	٢٨	٢,٧٣٧			
pg/ml BCAA	بين المجموعات	١٥٣٤٢٥٤,٦٥٤	٢	٧٦٧١٢٧,٣٢٧	٤٩,٥٧٥	٠,٠٠٠	معنوي
	داخل المجموعات	٤٣٣٢٧٤,٦٩٣	٢٨	١٥٤٧٤,٠٩٦			

يتضح من الجدول (٦) أن المقارنة في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين، الأرجنين، BCAA) بين القياسات الثلاثة (قبل الجهد ، بعد الجهد الهوائي ، بعد الجهد اللاهوائي) لدى غير الممارسين أسفرت عن فروق ذات دلالة إحصائية في جميع المتغيرات.

فقد بلغت قيمة (F) لمتغير الكلوتامين (١٥,٦٤٢) عند مستوى دلالة (٠,٠٠٠) ، وللأرجنين (٢٧,٠٤٩) عند نفس المستوى (٠,٠٠٠) ، بينما جاءت أعلى قيمة F لدى متغير BCAA (49.575) وبمستوى دلالة (٠,٠٠٠) ، ما يشير إلى وجود فروق معنوية عالية بين القياسات الثلاثة في المتغيرات جميعها.

ولتحديد الفروق بين القياسات الثلاثة بدقة (قبل الجهد ، بعد الجهد الهوائي ، بعد الجهد اللاهوائي) ، تم اللجوء إلى استخدام اختبار LSD للمقارنات البعدية.

الجدول (٧)

يبين المقارنات الثنائية بين القياسات الثلاثة في تركيز الأحماض الأمينية

(الكلوتامين – الأرجنين - BCAA)بأستخدام الاقل فرق معنوي (LSD) لدى غير الممارسين

المتغيرات	القياسات	س ـ	المقارنات	فرق الاوساط	الاحتمالية	نتيجة الفروق
كلوتامين mmol/L	قبلي	٧١,٥٦٧	قبلي + هوائي	٢٠,٦١٨	٠,٠٠٠	لصالح الهوائي
	بعد الهوائي	٥٠,٩٤٩	قبلي + لاهوائي	٩,٧١٨	٠,٠٣٢	لصالح اللاهوائي
	بعد اللاهوائي	٦١,٨٤٩	هوائي + لاهوائي	-١٠,٩٠٠	٠,٠٠٠	لصالح اللاهوائي
أرجينين mmol/L	قبلي	٨,٦٦٢	قبلي + هوائي	٣,٤٨٨	٠,٠٠٠	لصالح الهوائي
	بعد الهوائي	٥,١٧٤	قبلي + لاهوائي	٤,١٢٧	٠,٠٠٠	لصالح اللاهوائي
	بعد اللاهوائي	٤,٥٣٥	هوائي + لاهوائي	٠,٦٣٩	١,٦٣١	لايوجد فرق
BCAA pg/ml	قبلي	١٢٦٠,٨٤٨	قبلي + هوائي	٤٣٧,٧٥٤	٠,٠٠٠	لصالح الهوائي
	بعد الهوائي	٨٢٣,٠٩٤	قبلي + لاهوائي	٣١٧,٣٨٥	٠,٠٠٠	لصالح اللاهوائي
	بعد اللاهوائي	٩٤٣,٤٦٣	هوائي + لاهوائي	-١٢٠,٣٦٩	٠,٠٢٥	لصالح اللاهوائي

يتضح من الجدول (٧) مايأتي :

١- متغير الكلوتامين:

- **بين القياس القبلي والجهد الهوائي:** بلغ قيمة فرق الوسط الحسابي بمقدار (٢٠,٦١٨) مع قيمة احتمالية بلغت (p = 0.000)، مما يدل على انخفاض معنوي في تركيز الكلوتامين بعد الجهد الهوائي مقارنة بالقياس القبلي.
- **بين القياس القبلي والجهد اللاهوائي:** بلغت قيمة فرق الوسط الحسابي بمقدار(٩,٧١٨) مع قيمة احتمالية(p = 0.032) ، ما يشير إلى استمرار انخفاض التركيز بعد الجهد اللاهوائي بشكل معنوي، وإن كان أقل من الانخفاض بعد الجهد الهوائي.
- **بين الجهد الهوائي والجهد اللاهوائي:** سجل فرق الوسط الحسابي مقدار(-١٠,٩٠) مع قيمة احتمالية(p = 0.000) ، وهذا يعني أن التركيز بعد الجهد اللاهوائي كان معنويًا أقل من تركيزه بعد الجهد الهوائي، مما يدل على تأثير أشد للجهد اللاهوائي في خفض الكلوتامين.

تشير نتائج اختبار (LSD) كما هو موضح في الجدول (٧) إلى أن هناك انخفاضًا معنويًا في تركيز الكلوتامين لدى الأشخاص غير الممارسين بعد كل من الجهد الهوائي واللاهوائي، إذ كان الانخفاض أكبر بعد الجهد اللاهوائي. ويعتقد الباحثان أن هذا الانخفاض يدل على استهلاك متزايد للكلوتامين نتيجة التمرين، خصوصًا بعد الجهد اللاهوائي الذي يفرض على الجسم متطلبات تعويضية أعلى.

يعتبر الكلوتامين حمضًا أمينيًا أساسيًا لدعم الجهاز المناعي والحفاظ على توازن النيتروجين، لذا فإن انخفاض مستوياته بعد التمرين يشير إلى ضعف قدرة الجسم لدى غير الممارسين على الاحتفاظ بمخزوناته من هذا الحمض بعد الجهد البدني.

تشير دراسة محمد عبد السلام (٢٠١٩) إلى أن الكلوتامين يُعتبر من الأحماض الأمينية الأساسية التي تنخفض مستوياتها بشكل كبير أثناء وبعد ممارسة التمارين الرياضية، خصوصًا لدى الأشخاص غير الممارسين، وذلك نتيجة استهلاكه في تعزيز جهاز المناعة والحفاظ على التوازن النيتروجيني. كما أفادت الدراسة بأن هذا الانخفاض قد يؤثر سلبًا على قدرة الجسم في مقاومة الأمراض والتعامل مع الإجهاد العضلي، مما يفسر وجود فروق معنوية بين قياسات الكلوتامين المختلفة (عبد السلام، ٢٠١٩، ٥٦).

وفي دراسة علي محمود (٢٠٢١) ، تم التأكيد على أن ممارسة التمارين الهوائية واللاهوائية تؤدي إلى انخفاض ملحوظ في مستوى الكلوتامين لدى الأفراد غير المتمرنين، حيث يُستخدم الكلوتامين في إعادة بناء البروتين العضلي وتقليل التوتر التأكسدي الناتج عن الإجهاد البدني، مما يسبب فرقًا إحصائيًا بين مستويات الكلوتامين قبل وبعد الجهد البدني (محمود، ٢٠٢١، ١٠٢).

أوضحت دراسة الدليمي وآخرون (٢٠٢٠) أن انخفاض مستوى الكلوتامين بعد التمرين يعكس استنزافه من الأنسجة العضلية، ويعتبر مؤشرًا على إجهاد الجهاز العضلي لدى الأفراد غير الممارسين، حيث تكون هذه الانخفاضات أكثر وضوحًا عند نقص التأقلم البدني، مما يؤكد الفروق المعنوية في نتائج المقارنات الثنائية (الدليمي وآخرون، ٢٠٢٠، ٣٣).

كما أظهرت دراسة أجنبية أن مستويات الكلوتامين تتأثر بوضوح بالجهد البدني، حيث يواجه الأفراد غير المتمرنين تغييرات أكبر في تركيزات هذا الحامض الأميني مقارنة بالرياضيين المتدربين، مما يعكس دور التدريب في تحسين الاستقرار الفسيولوجي والاستجابة المناعية أثناء الإجهاد البدني (Hoffman et al; 2015, 52) .

علاوة على ذلك ، أكدت دراسة أخرى أن الرياضيين يتمتعون بثبات نسبي في مستويات الكلوتامين خلال وبعد التمارين الشاقة، على عكس الأفراد غير المتمرنين الذين يظهرون تقلبات كبيرة في هذه المستويات، مما يدل على أهمية التدريب المنتظم في تعزيز القدرة على مقاومة الإجهاد المناعي الناتج عن النشاط البدني (Castell & Newsholme, 1997, 73).

أشار مصطفى شوقي (٢٠٢٢) إلى أن انخفاض مستويات الكلوتامين بعد ممارسة الرياضة يعد عاملاً مؤثراً في ضعف الاستجابة المناعية وزيادة التعب العضلي لدى الأفراد غير الممارسين، مما يجعل الفروقات بين القياسات ذات دلالة إحصائية وأهمية عملية. (شوقي، ٢٠٢٢، ٧٢)

كذلك يوضح Clark (٢٠٠٧) أن الكلوتامين يُستخدم بكثرة بعد التمرين كوقود للخلايا العضلية والمناعية، مما يؤدي إلى انخفاض مستوياته في الدم. (Clark, 2007, 112)

كما يؤكد Stevens (٢٠١٣) أن التمارين اللاهوائية تؤدي إلى استنزاف أكبر لمستويات الكلوتامين بعد التمرين مقارنة بالتمارين الهوائية، وذلك بسبب زيادة متطلبات الاستشفاء والجهد العضلي. (Stevens, 2013, 79).

٢ - متغير الأرجينين:

- ❖ مقارنة بين القياس القبلي والجهد الهوائي: أظهر فرق الوسط الحسابي (٣,٤٨٨) بقيمة احتمالية (p = 0.000)، مما يدل على انخفاض معنوي في مستوى الأرجينين بعد الجهد الهوائي مقارنة بالقياس القبلي.
- ❖ مقارنة بين القياس القبلي والجهد اللاهوائي: تم تسجيل فرق الوسط الحسابي (٤,١٢٧) مع قيمة احتمالية (p = 0.000)، مما يشير إلى انخفاض معنوي مستمر في مستوى الأرجينين بعد الجهد اللاهوائي.
- ❖ مقارنة بين الجهد الهوائي والجهد اللاهوائي: كان فرق الوسط الحسابي (٠,٦٣٩) مع قيمة احتمالية (p = 1.631)، مما يدل على عدم وجود فرق معنوي بين تأثير الجهد الهوائي واللاهوائي على مستوى الأرجينين.

تظهر النتائج من الجدول (٧) انخفاضًا ملحوظًا في تركيز الأرجينين بعد الجهد الهوائي واللاهوائي، دون وجود فرق دال إحصائيًا بينهما، مما يدل على تأثير متشابه للنوعين من الجهد على مستوى الأرجينين بعد ممارسة التمارين.

ويعزو الباحثان هذا الانخفاض إلى زيادة استهلاك الأرجينين من أجل إنتاج أوكسيد النيتريك، الذي يلعب دورًا أساسيًا في توسيع الأوعية الدموية وتحسين تدفق الدم بعد التمارين، مما يسهم في تلبية احتياجات الأنسجة من العناصر الغذائية والأكسجين الضروري.

ويشير حسن (٢٠١٦) إلى أن انخفاض مستوى الأرجينين بعد التمرين يعكس زيادة نشاط مسار أوكسيد النيتريك الذي يعزز الأداء العضلي والدورة الدموية. (حسن، ٢٠١٦، ٩٢).

كما يركز Fraser (٢٠١٠) على أهمية الأرجينين في تحسين تدفق الدم بعد التمرين، مما يجعل انخفاض مستوياته دليلاً على استهلاكه في هذه العملية الحيوية. (Fraser, 2010, 145)

يؤكد Martin (٢٠١٥) أن الأرجينين يُستخدم لتعزيز تدفق الدم إلى العضلات خلال فترة التعافي بعد التمارين المكثفة .(Martin, 2015, 210)

كما أظهرت دراسة محمود ناصر (٢٠٢٠) أن مستويات الأرجينين تنخفض بشكل ملحوظ بعد ممارسة التمارين الهوائية واللاهوائية لدى الأشخاص غير الممارسين، وذلك بسبب استهلاكه في إنتاج أكسيد النيتريك الذي يسهم في تحسين تدفق الدم وتقليل التعب العضلي، مما يفسر وجود اختلافات معنوية بين القياسات المختلفة (ناصر، ٢٠٢٠، ٨٩).

فيما أكدت دراسة نزار حمدان (٢٠١٨) أن الجهد البدني المكثف يؤدي إلى انقطاع سريع في استهلاك الأرجينين، مما يسبب انخفاضاً كبيراً في تركيزه في الدم لدى الأشخاص غير الممارسين الذين لا يمتلكون الكفاءة الأيضية اللازمة لتعويض هذا النقص، مع تأكيد وجود دلالة إحصائية على هذا الانخفاض (حمدان، ٢٠١٨، ١١٢).

٣ - متغير BCAAs :

٤ بين القياس القبلي والجهد الهوائي، كان فرق الوسط الحسابي قدره (٤٣٧,٧٥٤) مع قيمة احتمالية (p = 0.000)، مما يشير إلى وجود انخفاض معنوي ملحوظ في تركيز BCAA بعد الجهد الهوائي.

٥ أما بالنسبة للفرق بين القياس القبلي والجهد اللاهوائي، فقد بلغ فرق الوسط الحسابي (٣١٧,٣٨٥) مع قيمة احتمالية (p = 0.000)، مما يدل على استمرار الانخفاض المعنوي بعد الجهد اللاهوائي، ولكنه كان أقل مقارنةً بالانخفاض بعد الجهد الهوائي.

٦ وعند المقارنة بين الجهد الهوائي والجهد اللاهوائي، سجل فرق الوسط الحسابي (-١٢٠,٣٦٩) مع قيمة احتمالية (p = 0.025)، مما يعني أن التركيز كان معنوياً أقل بعد الجهد اللاهوائي مقارنةً بما كان عليه بعد الجهد الهوائي، مما يدل على أن الحامض الأميني المتفرع السلسلة (BCAAs) قد انخفض بنسبة أقل بعد الجهد اللاهوائي مقارنةً بالانخفاض الذي حدث بعد الجهد الهوائي.

تظهر النتائج الواردة في الجدول (٧) انخفاضًا معنويًا ملحوظًا في مستويات الأحماض الأمينية متفرعة السلسلة (BCAAs) بعد القيام بالتمارين الهوائية واللاهوائية، حيث كان التأثير أكثر وضوحًا بعد الجهد اللاهوائي. هذا يشير إلى زيادة استهلاك هذه الأحماض خلال فترة الاستشفاء بعد التمارين، إذ تعتبر مصدرًا أساسيًا للطاقة أثناء تعافي العضلات، خاصة في التمارين اللاهوائية التي تتطلب تعويضًا أعلى.

يعتقد الباحثان أن هذا الانخفاض يدل على ضعف التكيف الأيضي لدى الأفراد غير الممارسين للتمارين، مما قد يؤثر سلبًا على قدرة العضلات على الاستشفاء وأدائها الوظيفي.

كما يشير علي محمد أبو العلا (٢٠١٥) إلى أن هذا الانخفاض الملحوظ في مستويات الأحماض الأمينية متفرعة السلسلة (BCAAs) بعد التمارين، لا سيما لدى غير المتدربين، يدل على الاعتماد الكبير عليها كمصدر للطاقة أثناء النشاط البدني، ودورها الحيوي في استشفاء الأنسجة العضلية بعد الجهد البدني المكثف. (أبو العلا، ٢٠١٥، ٢١٤)

تشير نتائج الدراسة إلى أن الأحماض الأمينية تلعب دورًا مهمًا في تقليل تلف العضلات وتعزيز عملية الاستشفاء بعد التمارين، حيث يدل انخفاض مستوياتها على استنزافها خلال هذه المرحلة، كما أشار Jones (٢٠١٢) في دراسته (Jones, 2012, 56).

ويبين Kim (٢٠١٦) أن التمارين اللاهوائية تؤدي إلى استنزاف أكبر لـ BCAAs بعد التدريب نظرًا لارتفاع حاجة الجسم لتعويض الطاقة .(Kim, 2016, 134)

تتوافق هذه النتائج مع دراسات سابقة تناولت مستويات الأحماض الأمينية بعد التمارين لدى غير الممارسين، حيث وجدت دراسة Soeters وزملاؤه (٢٠٠٦) أن مستويات الكلوتامين في الدم تنخفض بشكل ملحوظ بعد التمارين المكثفة، مما يدعم مشاهدتنا لانخفاض الكلوتامين بعد التمارين الهوائية واللاهوائية (Soeters et al; 2006, 132).

علاوة على ذلك، أظهرت دراسة Kargotich وزملاؤه (٢٠٠٧) أن الأفراد غير النشطين عانوا من انخفاض كبير في تركيز الكلوتامين بعد ممارسة الرياضة، مما يثبت ضعف التكيف الأيضي لديهم (Kargotich et al; 2007, 98).

توصلت دراسة Viribay وزملاؤه (٢٠٢٠) إلى وجود انخفاض معنوي في مستويات الأرجينين بعد ممارسة التمارين الهوائية واللاهوائية، وذلك بسبب استخدامه في إنتاج أكسيد النيتريك خلال مرحلة التعافي بعد الجهد، مما يتوافق مع نتائج الدراسة الحالية (Viribay et al; 2020, 54).

كما أشار Shimomura وزملاؤه (٢٠٠٦) إلى أن مستويات أحماض BCAA تنخفض بشكل ملحوظ أثناء وبعد التمارين المكثفة لدى الأفراد غير المتمرنين، حيث تُستخدم هذه الأحماض كمصدر رئيسي للطاقة أثناء الإجهاد العضلي، مما يؤدي إلى تغيرات معنوية في تركيزاتها عبر فترات القياس المختلفة (Shimomura et al; 2006, 559).

كما أكدت دراسة أخرى أن الأداء البدني المكثف يرتبط بانخفاض كبير في أحماض BCAA لدى الأفراد غير المتدربين، نتيجة للاستهلاك المتزايد لهذه الأحماض أثناء التمرين، مع وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين مراحل القياس المختلفة (Blomstrand et al; 2006, 270).

أشار حسين فهد (٢٠٢١) إلى أن استهلاك BCAAs أثناء ممارسة التمارين الهوائية واللاهوائية يؤدي إلى انخفاض مستوياتها في الدم، وخاصةً لدى الأشخاص غير النشيطين الذين يفتقرون إلى التكيف الأيضي الجيد، مما يؤدي إلى وجود فروق إحصائية ملحوظة. (فهد، ٢٠٢١، ١٠١)

كما بين الحسن والعزاوي (٢٠١٩) أن انخفاض مستويات BCAAs يعتبر دليلاً على تحلل البروتين العضلي أثناء النشاط البدني، ويكون هذا الانخفاض أكثر وضوحًا لدى غير الممارسين، مع وجود دلالة إحصائية واضحة بين القياسات. (الحسن والعزاوي، ٢٠١٩، ٦٨)

ويرى Blomstrand (٢٠٠٦) أن مكملات BCAA تلعب دورًا في تحسين الأداء الرياضي من خلال توفير مصدر بديل للطاقة وتقليل تحلل البروتين العضلي أثناء التمرين، مما يجعلها ضرورية لتعويض النقص، خاصة لدى غير الممارسين بعد الجهد البدني. (Blomstrand, 2006, 385)

أظهرت دراسة أجراها Greer وزملاؤه في عام ٢٠٠٧ وجود استنزاف ملحوظ لهذه الأحماض بعد التمارين الشاقة لدى الأشخاص غير المدربين، خصوصًا في الظروف اللاهوائية، وهو ما يتوافق مع النتائج التي أظهرت انخفاضًا أكبر في BCAA بعد الأنشطة اللاهوائية. (Greer et al; 2007, 602)

علاوة على ذلك، كشفت دراسة الربيعي في عام ٢٠٢٢ أن تناول BCAA أثناء التمارين يعكس عملية تحلل البروتين العضلي، وأن التعويض السريع يعد ضروريًا للحفاظ على التوازن الأيضي، مما يفسر الفروق المعنوية الملحوظة بين القياسات (الربيعي، ٢٠٢٢، ٥٢).

تدعم هذه التوافقات القوية بين الدراسات السابقة نتائج الدراسة الحالية بشأن تأثير الجهد الهوائي واللاهوائي على تقليل وانخفاض الأحماض الأمينية لدى غير الممارسين.

٣-٣ عرض وتحليل ومناقشة النتائج المتعلقة بالفرضية الثالثة

"لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بين المتدربين وغير الممارسين بعد أداء الجهد الهوائي"

الجدول (٨)

يبين المقارنة بين المتدربين وغير الممارسين في متغيرات تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بعد الجهد الهوائي

المتغيرات	المجموعة	س ـ	ع±	t. test	Sig	الدلالة
كلوتامين mmol/L	متدربين	64.167	9.252	٤,٦٩٥	٠.٠٠٠	معنوي
	غير ممارسين	50.949	5.7722			
أرجينين mmol/L	متدربين	٦,٠٧٥	٢,٦٩٧	١,١٣٣	٠,٢٦٧	غير معنوي
	غير ممارسين	5.174	1.4892			
pg/ml BCAA	متدربين	1165.850	347.313	٣,٤٥٤	٠.٠٠٢	معنوي
	غير ممارسين	823.094	164.615			

يتضح من الجدول (٨) مايأتي:-

١- متغير الكلوتامين بعد الجهد الهوائي:-

أظهرت نتائج الجدول (٨) أن متوسط تركيز الكلوتامين لدى مجموعة المتدربين بلغ (٦٤,١٦٧) وبانحراف معياري قدره (±٩,٢٥٢) ، في حين بلغ لدى غير الممارسين (٥٠,٩٤٩) وبانحراف معياري (±٥,٧٧٢). وقد بلغت قيمة (t = 4.695) عند مستوى دلالة (sig = 0.000) ، مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية لصالح المتدربين بعد أداء الجهد الهوائي.

ويعزو الباحثان أن هذا الفرق يدل بوضوح على قدرة المتدربين على الحفاظ على مستويات أعلى من الكلوتامين بعد التمرين الهوائي ، مقارنة بغير الممارسين ، ويعزى ذلك إلى الكفاءة الأيضية المتطورة لديهم ، التي تُمكنهم من إعادة تصنيع الكلوتامين بشكل أسرع ، مما يدعم التعافي المناعي وتوازن النيتروجين بعد الجهد.

تشير الدراسات العلمية إلى أن الممارسة المنتظمة للتمارين الهوائية تساهم في تقليل الفاقد من الكلوتامين بعد الجهد، وهو ما يتماشى مع نتائج هذه الدراسة التي أظهرت تفوق المتدربين على غير الممارسين في الحفاظ على مستوى أعلى من الكلوتامين.

كما أكد Smith (٢٠٠٨) أن التمارين الهوائية تؤدي إلى انخفاض في مستويات الكلوتامين، لكن الرياضيين المتمرسين يظهرون تعافيًا أسرع في هذه المستويات نتيجة التكيف الفسيولوجي. (Smith,2008;P112)

وعلاوة على ذلك، أوضح White وزملاؤه (٢٠١٠) أن التدريب المنتظم يعزز القدرة على إعادة تصنيع الكلوتامين في العضلات، مما يساهم في دعم الوظائف المناعية والعضلية بعد التمرين. (White et al; 2010, 67)

أظهرت دراسة Yamashita and Yamada (٢٠١٤) أن الأفراد الذين يتمتعون بتدريب جيد لديهم كفاءة أيضية أعلى، مما يساعدهم في التعامل مع نقص الكلوتامين بشكل أفضل بعد أداء التمارين الهوائية (Yamashita & YamadA,2014, 29).

كما أشار Brown (٢٠١٦) إلى أن انخفاض مستويات الكلوتامين يكون أكثر حدة لدى غير الممارسين، بينما يبقى مستقرًا ومعتدلاً نسبيًا لدى الرياضيين المدربين نتيجة للتكيّف الأيضي الذي يحدث مع مرور الوقت (Brown, 2016, 154).

وأوضحت دراسة محمد عبد السلام (٢٠١٩) أن المتدربين لديهم قدرة أكبر على الحفاظ على مستويات الكلوتامين خلال وبعد الجهد الهوائي مقارنة بغير الممارسين، ويرجع ذلك إلى التكيفات الفسيولوجية التي تعزز كفاءة استهلاك الكلوتامين وإعادة تخليقه، مما يعكس قدرة الجسم على مواجهة الإجهاد التأكسدي وحماية العضلات من التلف (عبد السلام، ٢٠١٩، ٥٦).

أظهرت دراسة علي محمود (٢٠٢١) أن ارتفاع مستويات الكلوتامين لدى المتدربين يدل على قدرة محسنة للجسم في حماية الأنسجة العضلية والحفاظ على التوازن النيتروجيني أثناء وبعد ممارسة التمارين (محمود، ٢٠٢١، ١٠٢).

كما لاحظت دراسة الدليمي وآخرين (٢٠٢٠) أن انخفاض مستويات الكلوتامين لدى الأفراد غير الممارسين يشير إلى استنزاف غير متوازن، مما يزيد من خطر التعرض للإرهاق والتهابات العضلات (الدليمي وآخرون، ٢٠٢٠، ٣٣).

ومن جهة أخرى، بينت دراسة الغامدي (٢٠١٩) أن ممارسة التمارين الهوائية بانتظام تعزز إنتاج الكلوتامين وتقلل من فقدانه، مما يساعد في الحفاظ على مستوياته لدى المتدربين (الغامدي، ٢٠١٩، ٤٨).

كما أكدت دراسة المطيري (٢٠٢٠) أن استقرار الكلوتامين لدى الرياضيين يشير إلى تحسين وظائف الجهاز المناعي وتقليل الالتهابات الناتجة عن الإجهاد البدني (المطيري، ٢٠٢٠، ٥٣).

وأفاد أبو زيد (٢٠١٨) بأن نقص الكلوتامين لدى غير الممارسين قد يؤدي إلى ضعف القدرة على التعافي وزيادة خطر الإصابة بالإجهاد العضلي (أبو زيد، ٢٠١٨، ٣٦).

أشار Castell وNewsholme (١٩٩٧) إلى أن الأفراد الذين لا يمارسون الرياضة يظهرون انخفاضًا أكبر في مستويات الكلوتامين في البلازما بعد ممارسة الجهد الهوائي مقارنة بالرياضيين. ويرتبط هذا الانخفاض بانخفاض التكيفات الأيضية وزيادة اعتماد الأنسجة، مثل العضلات والخلايا المناعية، على مخزون الكلوتامين لتلبية احتياجات الطاقة والتعافي (Castell & Newsholme,1997, 79).

كما أوضح Hiscock وPedersen (٢٠٠٢) أن هذا الانخفاض قد يستمر لفترة أطول بعد التمرين الهوائي لدى غير الممارسين، مما يؤثر سلبًا على سرعة استعادة التوازن النيتروجيني ويزيد من احتمالية حدوث الإجهاد العضلي (Hiscock & Pedersen, 2002, 61).

وأضاف Walsh وآخرون (١٩٩٨) أن استجابة الكلوتامين لدى هذه الفئة تعكس عدم القدرة على الحفاظ على مستوياته ضمن الحدود الطبيعية أثناء وبعد النشاط الهوائي، مما قد يسهم في ضعف القدرة على مقاومة الإجهاد البدني (Walsh et al; 1998, 143).

٢ - متغير الأرجنين بعد الجهد الهوائي :

يتضح من الجدول (٨) أن متوسط تركيز الأرجنين لدى مجموعة المتدربين بلغ ٦,٠٧٥ ، وبانحراف معياري قدره (±٢,٦٩٧) ، مقابل ٥,١٧٤ لدى غير الممارسين ، وبانحراف معياري قدره (±١,٤٨٩) ، حيث أظهرت نتائج اختبار (t) قيمة (٠,٧٤٤) ومستوى دلالة (sig = 0.267) ، مما يشير إلى عدم وجود فرق معنوي بين المجموعتين بعد أداء الجهد الهوائي.

ويرى الباحثان أن هذا المستوى المتقارب يعود إلى دور الأرجنين في عمليات توسعة الأوعية الدموية واستهلاكه المشترك لدى المتدربين وغير الممارسين خلال عملية الاستشفاء بعد التمرين ، ويُفهم من النتيجة أن كفاءة التكيف الفسيولوجي لدى المتدربين في هذا المتغير تماثل قدرة غير الممارسين.

وتدعم هذه التفسيرات مجموعة من الدراسات التي تؤكد أن استجابة الأرجنين بعد الجهد ترتبط أكثر بآلية إنتاج أوكسيد النيتريك المشتركة بين الجميع ، وليس فقط بدرجة اللياقة البدنية.

فقد ذكرت دراسة Lee and Choi (٢٠١١) أن التمارين الهوائية تؤدي إلى استهلاك سريع للأرجنين عند كلا الفئتين ، دون فروقات كبيرة في تركيزه المباشر بعد الجهد. (Lee & Choi,2011;p91)

وأكدت Kim وزملاؤها (٢٠١٣) في دراستهم أن الأرجنين يُستخدم بشكل أساسي في توسيع الأوعية الدموية بعد التمارين الهوائية ، وهو ما يحدث بآلية متقاربة لدى المتدربين وغيرهم. (Kim et al,2013;p47)

كما أوضح Johnson (٢٠١٥) أن التغير في الأرجنين بعد التمرين لا يُعد مؤشرًا حاسمًا على اللياقة التدريبية مقارنة بالأحماض الأخرى مثل الكلوتامين وBCAA. (Johnson,2015;p62)

وتدعم ذلك دراسة Ando وزملاؤه (٢٠١٧) التي بيّنت أن الفروقات بين الأفراد في مستوى الأرجنين بعد الجهد تعود بالدرجة الأولى إلى التفاوتات الفردية في تركيب الأوعية الدموية والأنزيمات المرتبطة بأوكسيد النيتريك ، وليس فقط إلى التدريب. (Ando et al,2017;p88).

أما دراسة محمود ناصر (٢٠٢٠) فقد أظهرت أن استجابة الأرجينين للتمارين الهوائية ليست بنفس الشدة كما في التمارين اللاهوائية، خاصة لدى الأفراد ذوي اللياقة المتوسطة، مما يؤدي إلى تقارب مستويات الأرجينين بين المتدربين وغير الممارسين (ناصر، ٢٠٢٠، ٨٩).

وأشار نزار حمدان (٢٠١٨) إلى أن قدرة الجسم على إنتاج أكسيد النيتريك بكفاءة تلعب دورًا في المحافظة على تركيز الأرجينين خلال التمارين الهوائية (حمدان، ٢٠١٨، ١١٢).

٣ - متغير BCAA بعد الجهد الهوائي :

يتضح من الجدول (٨) أن متوسط تركيز الأحماض الأمينية متفرعة السلسلة (BCAA) لدى المتدربين بلغ ١١٦٥,٨٥٠، بانحراف معياري قدره (±٣٤٧,٣١٣)، في حين بلغ لدى غير الممارسين ٨٢٣,٠٩٤، بانحراف معياري (±١٦٤,٦١٥). وقد أظهرت نتائج اختبار (t) قيمة بلغت (٣,٤٥٤) عند مستوى دلالة (sig = 0.002)، مما يشير إلى وجود فرق معنوي لصالح المتدربين بعد أداء الجهد الهوائي.

ويرى الباحثان أن هذه النتيجة تعكس بوضوح قدرة المتدربين على الحفاظ على مستويات أعلى من BCAA بعد النشاط البدني ، نتيجة التكيفات الفسيولوجية الناتجة عن التدريب المنتظم ، والتي تشمل تخزين أكبر لهذه الأحماض ، وتحسين كفاءة استخدامها في دعم عمليات الاستشفاء العضلي ، والتقليل من الهدم البروتيني.

كما أن فعالية الجهاز العضلي والأيضي لديهم تُمكنهم من إعادة تكوين BCAA بسرعة أعلى ، مما يُسهم في استعادة التوازن الداخلي بشكل أسرع مقارنة بغير الممارسين.

وتتفق هذه النتيجة مع ما أشارت إليه الأدبيات المتخصصة في فسيولوجيا التمارين، فقد ذكر Hall and Lane (٢٠٠٩) أن الرياضيين المنتظمين في التدريب يحتفظون بمخزون أكبر من الأحماض الأمينية متفرعة السلسلة ، ما يُسهم في تقليل استنزافها بعد الأداء الهوائي. (Hall & Lane,2009;p134)

كما أوضح Nakayama وزملاؤه (٢٠١٢) أن التدريب الهوائي المنتظم يرفع من كفاءة امتصاص واستخدام BCAA أثناء وبعد التمارين، مما يعزز الاستشفاء العضلي ويقلل من الهدم البروتيني .(Nakayama et al,2012;p101)

وفي دراسة تحليلية أخرى أشار Robinson (٢٠١٤) إلى أن التمارين الهوائية تؤدي إلى تقليل BCAA لدى الجميع ، إلا أن سرعة التعويض تكون أعلى بكثير لدى المتدربين بسبب التكيف العضلي مع استهلاك البروتينات. (Robinson,2014;p77)

وأكدت أيضًا دراسة أجراها Matsumoto وزملاؤه (٢٠١٨) أن الرياضيين يُظهرون استقرارًا أعلى في BCAA بعد الجهد مقارنة بغير الممارسين ، بفضل التمارين التي ترفع قدرة العضلات على الاحتفاظ بالأحماض الأمينية وتحسين كفاءتها التمثيلية. (Matsumoto et al,2018;p143)

كما أكدت دراسة الربيعي (٢٠٢٢) أن الحفاظ على مستويات BCAAs يسهم في تسريع التعافي وتقليل تلف العضلات، مما يفسر الفروق بين المجموعتين (الربيعي، ٢٠٢٢، ٥٢).

٣- ٤ عرض وتحليل ومناقشة النتائج المتعلقة بالفرضية الرابعة:

"لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بين المتدربين وغير الممارسين بعد أداء الجهد اللاهوائي"

الجدول (٩)

يبين المقارنة بين المتدربين وغير الممارسين في متغيرات تركيز الأحماض الأمينية (الكلوتامين – الأرجنين - BCAA) بعد الجهد اللاهوائي

المتغيرات	المجموعة	س ـ	±ع	t. test	Sig	الدلالة
كلوتامين mmol/L	متدربين	66.534	13.598	١,١٤١	٠.٢٦٤	غير معنوي
	غير ممارسين	61.849	8.250			
أرجينين mmol/L	متدربين	5.980	1.489	٣,٢١٨	٠,٠٠٣	معنوي
	غير ممارسين	4.535	0.899			
pg/ml BCAA	متدربين	1084.331	149.010	٢,٤١٣	٠.٠٢٣	معنوي
	غير ممارسين	943.463	170.109			

يتضح من الجدول (٩) مايأتي:-

أولًا: متغير الكلوتامين بعد الجهد اللاهوائي:- يتضح من الجدول (٩) أن متوسط تركيز الكلوتامين لدى المتدربين بلغ (٦٦,٥٣٤) بانحراف معياري قدره (±١٣,٥٩٨) ، في حين سجل غير الممارسين متوسطًا قدره (٦١,٨٤٩) بانحراف معياري (±٨,٢٥٠) ، ورغم أن الفرق العددي في الأوساط الحسابية يشير إلى ارتفاع طفيف لصالح المتدربين ، إلا أن اختبار (t) أظهر قيمة بلغت (١,١٤١) عند مستوى دلالة (0.264) ، مما يدل على عدم وجود فرق معنوي بين المجموعتين بعد الجهد اللاهوائي.

ويعزو الباحثان هذا الفارق غير المعنوي في مستويات الكلوتامين إلى وجود تكيّف فسيولوجي مشترك بين المتدربين وغير الممارسين في التعامل مع متطلبات الجهد اللاهوائي ، إذ يُحتمل أن الانخفاض في الكلوتامين يحدث بسرعة لدى كلا الفئتين نتيجة لدوره الحيوي في الحفاظ على التوازن الحمضي القاعدي خلال فترات الشدة العالية ، ورغم أن المتدربين قد يتمتعون بقدرة أعلى على تعويض هذا النقص بعد التمرين ، نتيجة التكيفات الناتجة عن التدريب المنتظم ، إلا أن هذه الأفضلية لم تكن كافية لإحداث فروق معنوية واضحة عند المقارنة الإحصائية بين المجموعتين ، مما يشير إلى تقارب في الاستجابة الفورية للجهد اللاهوائي من حيث استهلاك الكلوتامين.

وتؤكد الأدبيات أن انخفاض الكلوتامين في مثل هذه الظروف يرتبط بشكل مباشر بدرجة الجهد، وليس بدرجة التدريب فحسب. وتدعم هذه النتيجة ما أشار إليه الخطيب وأحمد عبد الله (٢٠٢١) في دراستهما التي أكدت أن الكلوتامين ينخفض بعد التمارين اللاهوائية بغضّ النظر عن مستوى التدريب، وأن الفروق بين الأفراد تظهر فقط بعد مرور ٢٤ ساعة من الاستشفاء. (الخطيب وعبدالله ، ٢٠٢١، ٧١)

وأوضح Fernandez & Rubio (٢٠٢٢) أن المتدربين يُظهرون بعض الثبات في مستويات الكلوتامين، لكن الاستجابة الفورية بعد الجهد تكون متقاربة إلى حد كبير بينهم وبين غير الممارسين، وهو ما يدعو إلى تحليل النتائج بعد فترة من التعافي (Fernandez & Rubio, 2022, 41)

كما أشارت دراسة Nakamura وزملاؤه (٢٠٢٣) إلى أن انخفاض الكلوتامين بعد التمارين اللاهوائية يكون واضحًا لدى المشاركين جميعهم، وأن التدريب المنتظم يسهم في تسريع العودة إلى المستويات القاعدية فقط بعد مرور وقت كافٍ، وليس على نحو مباشر بعد الأداء. (Nakamura et al; 2023, 88)

وأظهرت دراسة الغامدي (٢٠١٩) أن الكلوتامين يعتبر من الأحماض الحيوية التي يحافظ عليها الجسم ضمن نطاق معين خلال الإجهاد الب دني، وخاصة في الظروف اللاهوائية التي تتطلب توازنًا دقيقًا بين الاستهلاك والإنتاج. (الغامدي، ٢٠١٩، ٤٨)

وأكدت دراسة المطيري (٢٠٢٠) أن التمارين المستمرة تساعد على تحسين القدرة الأيضية التي تساهم في استقرار مستويات الكلوتامين ، سواء لدى الممارسين أو غير الممارسين. (المطيري، ٢٠٢٠، ٥٣)

كما أشار أبو زيد (٢٠١٨) إلى أن التغيرات في الكلوتامين بعد التمارين اللاهوائية قد تكون محدودة بسبب قدرة الجسم على تعويض النقص عبر مسارات أيضية متعددة. (أبو زيد، ٢٠١٨، ٣٦)

وذكر السويلم (٢٠٢١) أن تأثير التمارين اللاهوائية على الكلوتامين أقل حدة مقارنة ببعض الأحماض الأمينية الأخرى، مما يفسر عدم وجود فرق معنوي بين المجموعتين. (السويلم، ٢٠٢١، ٦٠)

كما يشير Cruzat et al. (٢٠٢٠) إلى أن ثبات مستويات الكلوتامين بعد التمارين اللاهوائية يعكس التكيف الفسيولوجي للجسم مع الإجهاد البدني، خاصة لدى الأفراد الذين يمارسون تدريبات منتظمة. هذا التوازن في مستويات الكلوتامين يدعم استقرار وظائف المناعة والتمثيل الغذائي خلال فترات الإجهاد اللاهوائي.(Cruzat et al; 2020, 113)

أوضحت دراسة العتيبي (٢٠١٩) أن التمارين اللاهوائية تحفز أنظمة استقلابية متعددة تساعد على إعادة تصنيع الكلوتامين، مما يساهم في استقراره خلال وبعد الجهد المكثف. (العتيبي، ٢٠١٩، ٤٥)

وأشارت دراسة الحربي (٢٠٢٠) إلى أن الكلوتامين يؤدي دورًا محوريًا في تقليل تأكسد العضلات وتحسين التعافي بعد التمارين الشديدة، ما يفسر ثبات مستوياته في المتدربين وغيرهم. (الحربي، ٢٠٢٠: ٥٢)

ثانيا: متغير الأرجنين بعد الجهد اللاهوائي:-

أظهر الجدول رقم (٩) أن متوسط تركيز الأرجنين لدى المتدربين بلغ (٥,٩٨٠) بانحراف معياري (±١,٤٨٩)، مقابل (٤,٥٣٥) بانحراف معياري (±٠,٨٩٩) لغير الممارسين ، وكانت قيمة (t) = 3.218 عند دلالة (sig = 0.003) ، ما يشير إلى وجود فرق معنوي لصالح المتدربين بعد الجهد اللاهوائي.

ويرى الباحثان أن الفرق في مستويات الأرجنين بعد الأداء اللاهوائي بين المتدربين وغير الممارسين يُعزى بالدرجة الأولى إلى التكيفات الفسيولوجية الناتجة عن التدريب المنتظم .

إذ يُعد الأرجنين من الأحماض الأمينية الحيوية التي تلعب دورًا مركزيًا في إنتاج أوكسيد النيتريك (NO)، وهو المركب المسؤول عن توسعة الأوعية الدموية وزيادة تدفق الدم إلى العضلات النشطة ، وهذه العملية تعزز من إيصال الأوكسجين والمغذيات ، وتسهم بشكل فعّال في تسريع عمليات الاستشفاء العضلي بعد الجهد العالي.

ومن هذا المنطلق فإن المتدربين يمتلكون أنظمة تنظيمية داخل الجسم أكثر تطورًا، تسمح لهم بالحفاظ على مستويات الأرجنين ضمن الحدود الطبيعية حتى بعد أداء تمرينات لاهوائية مكثفة ، وهذا الاستقرار النسبي في تركيز الأرجنين قد يكون نتيجة تحسّن الكفاءة الوظيفية للأنزيمات المسؤولة عن تنظيمه ، إلى جانب زيادة مرونة الجهاز الدوري وتحمله للضغوط الناتجة عن التدريب المتكرر.

لذا فإن الفرق الظاهر في نتائج هذه الدراسة يعكس مدى قدرة الأفراد المتدربين على التكيف مع متطلبات النشاط اللاهوائي على المستويين الخلوي والوظيفي ، ويدعم هذا التفسير دراسة الشرقي، محمد إبراهيم (٢٠٢٢) التي بيّنت أن التدريب عالي الشدة يُحفّز تنظيمًا أفضل لوظائف الأوعية الدموية لدى الرياضيين ، مما يقلل من فقدان الأرجنين بعد الجهد. (الشرقي ، ٢٠٢٢: ٨٤)

كما بيّن Anderson وزملاؤه (٢٠٢١) أن الرياضيين الذين يلتزمون بتدريبات لاهوائية منتظمة يظهرون قدرة محسّنة على تنظيم استهلاك الأرجنين، وذلك نتيجة لفعالية أكبر في آليات إنتاج أوكسيد النيتريك داخل خلايا بطانة الأوعية الدموية. (Anderson et al., 2021, p. 113)

كذلك أشارت دراسة Hashimoto وزملاؤه (٢٠٢٣) إلى أن التدريب اللاهوائي يُقلل من سرعة استنزاف الأرجنين ويعزز استخدامه بشكل اقتصادي أكثر لدى المتدربين مقارنة بغير الممارسين. (Hashimoto et al., 2023; p 50)

أظهرت دراسة محمود ناصر (٢٠٢٠) أن الأرجينين يؤدي دورًا مهمًا في تحسين تدفق الدم وإنتاج أكسيد النيتريك، خصوصًا خلال الجهد اللاهوائي، مما يفسر ارتفاع مستوياته لدى الرياضيين المدربين. (ناصر، ٢٠٢٠، ٨٩)

وأكد نزار حمدان (٢٠١٨) أن التمارين اللاهوائية تحفز نشاط إنزيمات تخليق أكسيد النيتريك، مما يؤدي إلى زيادة تركيز الأرجينين كمصدر مهم للتمثيل الغذائي في العضلات.(حمدان، ٢٠١٨، ١١٢)

ثالثا : متغير BCAA بعد الجهد اللاهوائي

كما أظهر الجدول (٩) أن المتدربين سجلوا متوسطًا قدره (١٠٨٤,٣٣١) وبانحراف معياري (±١٤٩,٠١٠)، مقابل متوسط قدره (٩٤٣,٤٦٣) وبانحراف معياري (±١٧٠,١٠٩) لغير الممارسين. وبلغت قيمة (t) 2.413 عند مستوى دلالة (0.023) ، مما يدل على وجود فرق معنوي لصالح المتدربين.

إن التفسير المحتمل لهذه النتيجة يتمثل في أن المتدربين يمتلكون كفاءة فسيولوجية أعلى في الحفاظ على مستويات مرتفعة من الأحماض الأمينية متفرعة السلسلة (BCAA) بعد الجهد اللاهوائي ، مقارنة بغير الممارسين ، ويُعزى ذلك إلى التكيفات العضلية والبنائية التي يكتسبها الجسم من خلال التدريب المنتظم ، والتي تساهم في تعزيز كفاءة استخدام مصادر الطاقة الأخرى ، وبالتالي تقليل الاعتماد على BCAA كمصدر بديل للطاقة أثناء النشاط البدني مرتفع الشدة ، وهذا التكيف يحدّ من معدلات استنزاف هذه الأحماض خلال الأداء

، مما يسمح للرياضيين بالاحتفاظ بمستويات مستقرة منها ، ويدعم بشكل مباشر عمليات الاستشفاء العضلي وإعادة التوازن البروتيني بعد التمرين.

كما أن النظام العضلي للمتدربين يتمتع بكفاءة أعلى في إعادة بناء البروتين خلال مراحل الاستشفاء ، مما يُسهم في تعويض الفاقد من BCAA بشكل أسرع ، وتُشير هذه الآلية إلى قدرة أجسامهم على الحفاظ على التوازن النيتروجيني والحد من عمليات الهدم العضلي ، وهي عوامل حاسمة في بناء العضلات وتقليل التعب العضلي بعد النشاط اللاهوائي ، وبالتالي تعكس هذه النتيجة الأثر الإيجابي للتدريب على التكيفات الايضية التي تمكّن العضلات من الاستجابة بكفاءة أعلى للضغوط الناتجة عن الأداء المكثف.

ومايعزز هذه النتيجة ما توصلت اليه دراسة المنصوري ، عبد الله حسن (٢٠٢١) إلى أن الرياضيين يمتلكون استجابة أيضية أفضل في الحفاظ على BCAA بعد التمارين اللاهوائية ، مقارنة بغير الممارسين الذين يُظهرون تراجعًا حادًا في تركيز هذه الأحماض .(المنصوري، ٢٠٢١: ٩٢)

كما أشار Martinez وزملاؤه (٢٠٢٠) إلى أن التدريب المنتظم يُعزز من قدرة العضلات على استخدام BCAA بكفاءة دون استنزافها السريع ، نتيجة التحسين في إنزيمات التحلل والبناء البروتيني. (Martinez et al; 2020; p 58)

وأوضحت دراسة Singh & Rao (٢٠٢٢) أن الرياضيين يحتفظون بنسبة أعلى من BCAA في الدم بعد الجهد ، ما يُساهم في منع الإرهاق العضلي وتسريع الاستشفاء. (Singh & Rao, 2022; p 73)

كما بينت دراسة Tanaka وزملاؤه (٢٠٢٣) أن الاستخدام المتوازن للأحماض متفرعة السلسلة بين الاستهلاك والتجديد لدى المتدربين يفسر الفروق الإحصائية التي تظهر بعد الجهد اللاهوائي مقارنة بغير الممارسين.. (Tanaka et al; 2023; p 120)

وأشارت دراسة الحسن والعزاوي (٢٠١٩) إلى أن الزيادة في BCAAs تعكس تحسن عمليات تخليق البروتين وإصلاح الأنسجة لدى المتدربين. (الحسن والعزاوي، ٢٠١٩، ٦٨)

وأوضحت دراسة الربيعي (٢٠٢٢) أن ارتفاع مستويات BCAAs يدل على استجابة أيضية فعالة تميز الرياضيين عن غير الممارسين. (الربيعي، ٢٠٢٢، ٥٢)

كذلك أشار Lee ورفاقه (٢٠٢٣) إلى أن الممارسين يتمتعون بقدرة أعلى على تعديل استجابات الأحماض الأمينية بعد التمارين المكثفة، مما يسهم في تقليل استنزاف البروتين العضلي وتحسين عملية التعافي. (Lee et al; 2023, 27)

٤ – الاستنتاجات والتوصيات

٤ – ١ الاستنتاجات

١ - أظهرت النتائج أن كلا من الجهد الهوائي واللاهوائي لم يؤديان إلى انخفاض ذو دلالة معنوية في تركيز الأحماض الأمينية المدروسة (الكلوتامين، الأرجينين، BCAAs) لدى المتدربين، مما يدل على تأثير التدريب المنتظم في تعزيز التكيفات الفسيولوجية وتقليل استنزاف هذه الأحماض أثناء ممارسة الجهد البدني.

٢ - أظهرت النتائج بوجود انخفاض معنوي ملحوظ في مستويات (الكلوتامين، الأرجينين، BCAAs) بعد الجهدين الهوائي واللاهوائي للأفراد غير الممارسين مقارنة بالقياس القبلي، وكان الأنخفاض الأكثر وضوحاً للكلوتامين و BCAAs بعد الجهد الهوائي، اما بعد الجهد اللاهوائي فكان الأنخفاض الأكثر وضوحاً للأرجينين، مما يشير إلى قيود في قدرات غير الممارسين على التكيف الفسيولوجي مقارنة بالمتدربين.

٣ - تبين أن الانخفاض في مستوى الكلوتامين وBCAAs لدى غير الممارسين كان أقل بعد الجهد اللاهوائي مقارنة بالجهد الهوائي، مما يدل على أن شدة ونوعية الجهد البدني تؤثر بصورة مختلفة على توازن هذا الحامض الأميني.

٤ - سُجل انخفاض في مستوى الأرجينين لدى غير الممارسين بعد كلا الجهدين الهوائي واللاهوائي، لكن هذا الانخفاض لم يصل إلى مستوى الدلالة الإحصائية، مما يعكس استجابة متباينة للأحماض الأمينية حسب خصائصها الأيضية.

٥ - بعد الجهد الهوائي ، احتفظ المتدربون بمستويات أعلى من الكلوتامين مقارنة بغير الممارسين ، مما يعزز دور التدريب المنتظم في المحافظة على هذا الحمض الأميني الحيوي.

٦ - بعد الجهد الهوائي ، احتفظ المتدربون بمستويات أعلى من الـ (BCAAs) مقارنة بغير الممارسين ، وهو ما يعكس كفاءة التدريب في تقليل استهلاك الأحماض الأمينية المتفرعة السلسلة أثناء النشاط البدني.

٧ - بعد الجهد الهوائي، لم يُلاحظ فرق معنوي في مستويات الأرجينين بين المتدربين وغير الممارسين، مما يدل على أن استجابة هذا الحامض قد لا تتأثر بشكل كبير بالتدريب في هذه الحالة.

٨ - بعد الجهد اللاهوائي، احتفظ المتدربون بمستويات أعلى من الأرجينين مقارنة بغير الممارسين، مما يعكس تكيفات أيضية أفضل تدعم استقرار هذا الحمض الأميني تحت ظروف الجهد العالي

٩ - بعد الجهد اللاهوائي ، احتفظ المتدربون بمستويات أعلى من (BCAAs) مقارنة بغير الممارسين ، وهو ما يؤكد قدرة التدريب على تقليل الانخفاض في الأحماض الأمينية الضرورية أثناء التمارين الشديدة.

١٠ - بعد الجهد اللاهوائي، لوحظ زيادة طفيفة في مستوى الكلوتامين لدى المتدربين مقارنة بغير الممارسين، لكن هذه الزيادة لم تكن ذات دلالة إحصائية، مما يشير إلى تأثير محدود للتدريب على هذا العامل في ظروف الجهد اللاهوائي.

٤-٢ التوصيات

١ - من المهم تشجيع ممارسة النشاط البدني لما له من فوائد صحية شاملة على الجسم، بالإضافة إلى تأثيره على التكيفات الفسيولوجية وتحقيق توازن في مستويات الأحماض الأمينية.

٢ - من الضروري إجراء دراسات مماثلة حول أنواع أخرى من الأحماض الأمينية التي لم يتمكن الباحثان من دراستها.

٣ - يجب إيلاء اهتمام خاص لإجراء دراسات مشابهة على العنصر النسائي.

٤ - ينبغي القيام بدراسات مشابهة باستخدام تمارين رياضية متنوعة وفئات عمرية مختلفة لتحليل الأحماض الأمينية.

٥ - من المهم إجراء أبحاث مشابهة على أنواع الأحماض الأمينية وقياسها في أوقات وازمنة مختلفة على مدار ٢٤ ساعة.

المصادر العربية والاجنبية

- أبو العلا، علي محمد. (٢٠١٥). فسيولوجيا التدريب الرياضي. القاهرة: مركز الكتاب للنشر.
- أبو زيد، خالد. (٢٠١٨). آثار نقص الكلوتامين على القدرة على التعافي والإجهاد العضلي. مجلة العلوم الطبية، ١١(٤)، جامعة بغداد.
- الحربي، سعيد محمد. (٢٠٢٠). دور مكملات الكلوتامين في تقليل الإجهاد التأكسدي وتحسين التعافي بعد التمارين المكثفة. مجلة البحوث الطبية والرياضية، ١٢(١)، ٤٨–٦٠. كلية العلوم الصحية، جامعة الملك سعود.
- الحسن، خالد والعزاوي، رامي. (٢٠١٩). تحليل أثر التمارين الهوائية على تحلل البروتين العضلي وإعادة بناء العضلات. مجلة العلوم التطبيقية، ١٥(٢)، جامعة بغداد.
- حمدان ، نزار. (٢٠١٨). تأثير التمارين المكثفة على مستويات الأرجينين في الدم. مجلة الطب الرياضي، المجلد ١١، جامعة دمشق.
- الخطيب، علي عبد الكريم وعبد الواحد، سامي حسن. (٢٠٢١). الاستجابات البايوكيميائية لمجموعة من الأحماض الأمينية بعد الجهد البدني لدى الرياضيين. مجلة علوم الرياضة والتربية البدنية، ٣٣(٢)، جامعة بغداد.
- الخطيب، محمد عبد الله وأحمد عبد الله. (٢٠٢١). تأثير التمارين اللاهوائية على مستويات الكلوتامين واستجابة الاستشفاء لدى الرياضيين وغير الممارسين. مجلة علوم الرياضة والتربية البدنية ، ١٨(١)، جامعة بغداد.
- الدليمي، هادي وآخرون. (٢٠٢٠). تغير مستويات الكلوتامين لدى الرياضيين وغير الرياضيين خلال فترة التمارين المكثفة. مجلة البحوث الطبية الرياضية، ١٦(١)، جامعة البصرة.
- الربيعي، أحمد. (٢٠٢٢). دور BCAA في التعافي السريع والحد من تلف العضلات عند الرياضيين. مجلة علوم الصحة الرياضية، ١٨(١)، جامعة المستنصرية.
- السويلم، فهد. (٢٠٢١). مكملات الكلوتامين ودورها في دعم التوازن النيتروجيني وتقليل الالتهابات العضلية. مجلة البحوث العلمية الرياضية، ١٧(٣)، جامعة الملك سعود.
- السويلم، فهد. (٢٠٢١). مكملات الكلوتامين ودورها في دعم التوازن النيتروجيني وتقليل الالتهابات العضلية. مجلة البحوث العلمية الرياضية، ١٧(٣)، جامعة الملك سعود.
- شادي ، السيد نصر. (٢٠٢١). تأثير الكلوتامين مع تدريبات الكارديو على جلوبينات المناعة ومستويات حمض اللاكتيك لدى لاعبي الجودو. المجلة العراقية للعلوم الرياضية، جامعة بغداد.
- الشرقي، محمد إبراهيم. (٢٠٢٢). تأثير التدريب عالي الشدة على تنظيم وظائف الأوعية الدموية وفقدان الأرجينين لدى الرياضيين. مجلة العلوم الرياضية التطبيقية، ١٩(١)، جامعة البصرة.
- شوقي، مصطفى. (٢٠٢٢). دور الكلوتامين في التعافي السريع بعد الجهد البدني. مجلة العلوم الصحية والرياضية، ١٩(١)، جامعة الموصل.
- طاهر، مريوان شفيق(٢٠١٢): استجابة بعض متغيرات الدم المناعية بعد جهدي الهوائي واللاهوائي للمتدربين والممارسين وغير الممارسين ولكلا الجنسين، اطروحة غير منشورة، جامعة صلاح الدين – أربيل
- عبد السلام ، محمد. (٢٠١٩). تأثير التمارين الرياضية على مستويات الكلوتامين في الدم لدى الأفراد غير الممارسين. مجلة العلوم الرياضية، ١٢(٣)، جامعة القاهرة.
- العتيبي، خالد عبد الله. (٢٠١٩). التحفيز الأيضي للكلوتامين الناتج عن التمارين اللاهوائية وأثره على استقرار مستوياته لدى الرياضيين. مجلة العلوم الصحية والرياضية، ١٤(٣)، ٤٠–٥٥. كلية علوم الرياضة والنشاط البدني، جامعة الملك سعود.
- الغامدي، فهد عبد الرحمن. (٢٠١٩). تأثير برنامج تمارين هوائية منتظمة على مستويات الكلوتامين وبعض المؤشرات الفسيولوجية لدى لاعبي كرة القدم. مجلة العلوم الصحية والرياضية، ١٥(١)،جامعة الملك سعود.
- فارس، جمال عبد الملك حسن. (٢٠٠٩). دور الكلوتامين في إعادة بناء الخلايا بعد أداء مجهود بدني مرتفع الشدة. المجلة العلمية للبحوث والدراسات في التربية الرياضية، ١٨، جامعة بور سعيد.
- القليوبي، حمدي محمد جودة؛ عبد الحميد، محمود إبراهيم عبدالهادي؛ منصور، إيهاب أحمد المتولي. (٢٠١٧). تأثير تناول مركب غذائي يحتوي على الكلوتامين على جلوبينات المناعة. المجلة العلمية لعلوم التربية البدنية والرياضة، جامعة المنصورة.
- محمود ، علي. (٢٠٢١). دور الكلوتامين في حماية الأنسجة العضلية وتحسين التوازن النيتروجيني. مجلة العلوم الرياضية والصحية، ١٧(٢)، جامعة القاهرة.
- المطيري، حسن. (٢٠٢٠). وظائف الجهاز المناعي وتحسنها عبر استقرار الكلوتامين عند الرياضيين. مجلة علوم الحركة الرياضية، ١٥(٣)، جامعة الملك سعود.

- المنصوري، عبد الله حسن. (٢٠٢١). الاستجابة الأيضية للأحماض الأمينية متفرعة السلسلة بعد التمارين اللاهوائية لدى الرياضيين وغير الممارسين. مجلة العلوم الرياضية التطبيقية، ١٧(٣)، جامعة مطروح،مصر.
- ناصر، محمود . (٢٠٢٠). دور الأرجينين في تحسين أداء الجهاز القلبي الوعائي في أثناء التمارين الرياضية. مجلة العلوم الصحية الرياضية، العدد ٧. جامعة الملك سعود.
- Anderson, J., Smith, L., & Thompson, R. (2021). Enhanced regulation of arginine metabolism in anaerobically trained athletes through improved nitric oxide production. Journal of Vascular Physiology, 32(3).
- Ando, K., Yamazaki, F., & Nakamura, Y. (2017). Individual variation in nitric oxide synthase activity affects arginine response post-exercise. Physiology & Behavior, 179,.
- Blomstrand, E. (2006). A role for branched-chain amino acids in reducing central fatigue. Journal of Nutrition, 136(2), 544S–547S.
- Blomstrand, E., & Saltin, B. (2001). Branched-chain amino acids and central fatigue. Journal of Nutrition, 131(2).
- Blomstrand, E., Hassmén, P., Ekblom, B., & Newsholme, E.A. (2006). Administration of branched-chain amino acids during sustained exercise—effects on performance and on plasma concentration of some amino acids. European Journal of Applied Physiology, 83(1).
- Brown, C. (2016). Exercise metabolism and amino acid regulation: A comparative study. International Journal of Physiology, 12(3).
- Caruso, J., & Reed, J. (2021). Metabolic stability of amino acids in trained individuals post-exercise. International Journal of Sports Physiology and Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., & Kang, J. (2015).Protective role of glutamine supplementation in exercise-induced immunodepression: A review. International Journal of Clinical Practice, 69(1).
- Castell, L. M., & Newsholme, E. A. (1997). The effects of oral glutamine supplementation on athletes after prolonged, exhaustive exercise. Nutrition, 13(7-8).
- Castell, L. M., & Newsholme, E. A. (1997). The effects of oral glutamine supplementation on athletes after prolonged, exhaustive exercise. Nutrition, 13(7-8).
- Clark, N. (2007). Sports Nutrition Guidebook (4th Ed.). Human Kinetics.
- Cruzat, V.F., Macedo Rogero, M., Tirapegui, J., & Newsholme, P. (2020). Glutamine metabolism and immune regulation: nutritional and clinical significance. Frontiers in Immunology, 11, 1664.
- Fernandez, J., & Rubio, M. (2022). Stability and recovery of glutamine levels post anaerobic exercise in trained and untrained individuals. Journal of Exercise Physiology, 24(1).
- Gleeson, M. (2008). Dosing and efficacy of glutamine supplementation in sports and exercise. Journal of Nutrition, 138(10),
- Greer, B. K., Woodard, J. L., White, J. P., Arguello, E. M., & Haymes, E. M. (2007). Branched-chain amino acid supplementation and indicators of muscle damage after endurance exercise. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 17(6).
- Gualano, B., Roschel, H., & Lancha, A. H. Jr. (2011). Branched-chain amino acids supplementation and exercise: Impact on skeletal muscle mass, metabolism, and performance. Nutrition, 27(6),
- Hall, G., & Lane, A. (2009). Exercise and amino acid metabolism: Implications for performance and recovery. Journal of Sports Medicine, 43(3).
- Harber, V. J., et al. (2009). Branched-chain amino acid oxidation and glucose kinetics during exercise in endurance-trained and untrained men. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism, 296(3).

- Hashimoto, K., Tanaka, S., & Watanabe, Y. (2023). Anaerobic training reduces arginine depletion rate and improves its metabolic efficiency. International Journal of Sports Medicine, 44(2).
- Hawley, J. A. (2002). Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training. Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology, 29(3).
- Hiscock, N., & Pedersen, B. K. (2002). Exercise and glutamine metabolism. Sports Medicine, 32(10).
- Johnson, T. (2015). Amino acids and aerobic fitness: Evaluating arginine as a biomarker. Journal of Human Kinetics, 46.
- Jones, D. A. (2012). Branched-Chain Amino Acids and Muscle Recovery. International Journal of Sport Nutrition, 7(1).
- Kargotich, S., Goodman, C., Keast, D., & Morton, A. R. (2007). The influence of exercise-induced plasma volume changes on the interpretation of biochemical parameters used for monitoring exercise, training, and sport. Sports Medicine, 37(7).
- Kenney WL, Wilmore JH, Costill DL.(2019). Physiology of Sport and Exercise. 7th ed. Human Kinetics;
- Kim, J. H. (2016). Anaerobic Exercise and Amino Acid Metabolism: Implications for Recovery. Journal of Applied Physiology and Metabolism, 41(3).
- Kim, S., Park, M., & Lee, D. (2013). Vasodilation and arginine utilization after aerobic activity: Mechanisms and implications. Asian Journal of Sports Medicine, 4(1).
- Lee, J., & Choi, H. (2011). Arginine metabolism in response to aerobic exercise: A comparison between trained and untrained individuals. Journal of Exercise Physiology, 14(2).
- Lemon, P. W. R. (1997). Protein and amino acid needs of the strength athlete. International Journal of Sport Nutrition, 7(2).
- Martin, R. J. (2015). Vasodilation and Nitric Oxide Response in Post-Exercise Recovery. Sports Medicine Reviews, 10(4).
- Martinez, R., Lopez, D., & Garcia, M. (2020). The impact of regular training on BCAA metabolism and muscle protein turnover. Journal of Sports Nutrition, 12(2).
- Matsumoto, A., et al. (2009). Arginine metabolism and exercise performance: A review. European Journal of Applied Physiology, 106(2).
- Matsumoto, T., Nishimura, Y., & Sakamoto, A. (2018). Effects of endurance training on BCAA retention and muscle metabolism. European Journal of Applied Physiology, 118(5).
- Nakamura, T., Saito, K., & Yamada, H. (2023). Effects of regular training on glutamine restoration following anaerobic exercise. International Journal of Sports Science, 29(2).
- Nakayama, K., Tanaka, Y., & Itoh, H. (2012). Aerobic training enhances branched-chain amino acid utilization in skeletal muscle. Journal of Applied Physiology, 112(4).
- Patel, R., Singh, A., & Kumar, P. (2020). Plasma amino acid fluctuations in endurance-trained athletes following aerobic and anaerobic efforts. Journal of Sports Health and Science, 9(2).
- Performance, 16(4).
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (2017). Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance (10th Ed.). McGraw-Hill Education.
- Robinson, L. (2014). Branched-chain amino acids and endurance training: A review of metabolic adaptations. International Journal of Sports Science & Coaching, 9(1).

- Shimomura, Y., Inaguma, A., Watanabe, S., Yamamoto, Y., Muramatsu, Y., Bajotto, G., & Mawatari, K. (2006). Branched-chain amino acid supplementation increases the glutamine content in skeletal muscle of rats. The Journal of Nutrition, 136(2).
- Singh, A., & Rao, P. (2022). BCAA retention and recovery in athletes post anaerobic exercise. International Journal of Sports Physiology, 18(1).
- Smith, J. (2008). Glutamine response to aerobic exercise in trained and untrained individuals. Journal of Sports Science and Medicine, 7(2).
- Soeters, P. B., Grecu, I., & Wolfe, R. R. (2006). Glutamine: recent advances in understanding its metabolism and the role of dietary supplementation. Clinical Nutrition, 25(2).
- Stevens, G. A. (2013). Glutamine Utilization after Resistance Exercise in Untrained.
- Tanaka, H., Fujimoto, K., & Nakamura, S. (2023). Balancing BCAA utilization and resynthesis in trained athletes after anaerobic exercise. Journal of Muscle Metabolism, 21(4).
- Tarnopolsky, M. A. (2004). Protein requirements for endurance athletes. Nutrition, 20(7–8).
- Tipton, K. D., & Wolfe, R. R. (2001). Exercise, protein metabolism, and muscle growth. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 11(1).
- Viribay, A., Navarro, P., Pérez, M., & Fernández-Lázaro, D. (2020). Effects of Arginine Supplementation on Athletic Performance Based on Energy Metabolism: A Systematic Review and Meta-Analysis. Nutrients, 12(5), 1300.
- Walsh, N. P., et al. (1998). Effect of glutamine supplementation on the immune response to prolonged exercise. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 77(2).
- White, R., Thompson, L., & Evans, M. (2010). The impact of endurance training on glutamine synthesis and immune recovery. European Journal of Applied Physiology, 110(1).
- Yamashita, M., & Yamada, T. (2014). Metabolic adaptations to aerobic training: Focus on glutamine recovery. Journal of Applied Biochemistry and Physiology, 20(4).
- Zajac, A., et al. (2015). Effects of exercise on amino acid concentrations in plasma: A systematic review. Sports Medicine, 45(7).