

## ﴿المخلص باللغة العربية﴾

أُجريَ هذا البحثُ لدراسةِ الاستجاباتِ الفيزيولوجيةِ عند الخيولِ العربيةِ الأصيلةِ من خلالِ معرفةِ التغيراتِ الدمويةِ في مستوى تركيزِ خضابِ الدمِ وعددِ الكرياتِ الحمرِ والنسبةِ المئويةِ للهيماتوكريتِ في الدمِ، والتغيراتِ البيوكيميائيةِ المتمثلةِ بمستوى تركيزِ الغلوكوزِ، والدهونِ، والبروتيناتِ، واللاكتاتِ، والكرياتينينِ، والكرياتين كايغازِ، واللاكتاتِ ديهيدوجينازِ، وناقلةِ أمينِ الأسبارتاتِ، وناقلةِ أمينِ الألائنينِ، وشواردِ الصوديومِ، والكالسيومِ في مصلِ الدمِ، وكذلكِ التغيراتِ السريريةِ المتمثلةِ بدرجةِ حرارةِ الجسمِ، ومعدلِ النبضِ والتنفسِ، ومستوىِ الضغطِ الشريانيِ وكلِّ ذلكِ قبلَ وبعدَ سباقِ 1600 مترِ، بالإضافةِ إلى معرفةِ تأثيرِ إعطاءِ الخلاصاتِ الطبيةِ لنباتاتِ الجينسِنغِ والأملجِ والقسطِ الهنديِ والقولنجانِ وبذورِ الكرفسِ والخردلِ ومجموعةِ فيتامينِ (B) المحملينِ على العسلِ والموجودينِ ضمنِ مُستحضرِ أو مُكملِ إنرجي فورِت قبلَ وبعدَ سباقِ 1600 مترِ في تحسينِ الاستجاباتِ الفيزيولوجيةِ الدمويةِ والبيوكيميائيةِ والسريريةِ والتخفيفِ من بعضِ آثارِ التلفِ والتعبِ العضليِ والاضطراباتِ ذاتِ الصلةِ بعدَ السباقِ في مرحلةِ التعافيِ والاستشفاءِ العضليِ.

وُزعتْ الخيولُ إلى خمسةِ مجموعاتِ، ضمت كل مجموعة ستة خيولٍ بأوزانٍ متقاربةٍ وفقِ التالي:

- المجموعة الأولى (G1): مجموعةِ الشاهدِ الطبيعيِ تُركتْ خيولُ هذهِ المجموعةِ دونَ إجراءِ أي سباقٍ أو تمرينٍ رياضي، لمعرفةِ القيمِ الطبيعيةِ للمتغيراتِ الفيزيولوجيةِ المدروسةِ، واعتُبرتِ المجموعةِ على أنها مجموعةِ شاهدٍ سلبي.
- المجموعة الثانية (G2): حُضعتْ الخيولُ فيها لسباقٍ سرعةٍ بمسافةِ (1600) مترِ، ثم جُمعتْ منها عيناتُ الدمِ بعدَ السباقِ مباشرةً، حيثِ اعتُبرتْ هذهِ المجموعةِ شاهدٍ إيجابيٍ للمجموعةِ الثالثةِ.
- المجموعة الثالثة (G3): أُعطيتْ الخيولُ في هذهِ المجموعةِ مُستحضرِ إنرجي فورِت بجرعةٍ مقدارها 2 مل/100 كغ وزنٍ حيٍ بالحقنِ العضليِ قبلَ سباقِ 1600 مترٍ مباشرةً، ثم جُمعتْ منها عيناتُ الدمِ بعدَ السباقِ.
- المجموعة الرابعة (G4): حُضعتْ الخيولُ فيها لسباقٍ سرعةٍ بمسافةِ (1600) مترِ، ثم جُمعتْ منها عيناتُ الدمِ بعدَ السباقِ مباشرةً، حيثِ اعتُبرتْ هذهِ المجموعةِ شاهدٍ إيجابيٍ للمجموعةِ الخامسةِ.
- المجموعة الخامسة (G5): حُضعتْ الخيولُ في هذهِ المجموعةِ لسباقٍ سرعةٍ بمسافةِ (1600) مترِ، ثم أُعطيتْ مُستحضرِ إنرجي فورِت بجرعةٍ مقدارها 2 مل/100 كغ وزنٍ حيٍ بالحقنِ العضليِ بعدَ السباقِ مباشرةً، وبعدَ ساعةٍ إلى ساعتينِ من إعطاءِ المستحضرِ جُمعتْ عيناتُ الدمِ من هذهِ المجموعةِ.

تمَّ الحصولُ على جميعِ العيناتِ الدمويةِ من الوريدِ الوداجي، وأُظهرتِ النتائجُ: حدوثَ تغيراتٍ حقيقيةٍ في الاستجاباتِ الفيزيولوجيةِ تمثلتْ بحدوثِ ارتفاعٍ معنويٍّ ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسطاتِ تركيزِ خضابِ الدمِ، وعددِ الكرياتِ الحمرِ، والنسبةِ المئويةِ للهيماتوكريتِ، وتركيزِ الغلوكوزِ، والدهونِ، واللاكتاتِ، والكرياتينينِ، والكرياتين كايغازِ، واللاكتاتِ ديهيدوجينازِ، وناقلةِ أمينِ الأسبارتاتِ، وناقلةِ أمينِ الألائنينِ، وشواردِ الصوديومِ في مصلِ الدمِ، مع حدوثِ ارتفاعِ درجةِ حرارةِ الجسمِ، ومعدلِ النبضِ والتنفسِ، ومستوىِ الضغطِ الشريانيِ بعدَ السباقِ في مجموعاتِ الشاهدِ الإيجابيِ (G4-G2) عندَ مقارنتِهِما مع مجموعةِ الشاهدِ الطبيعيِ (G1)، وحدثِ انخفاضٍ معنويٍّ ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسطاتِ تركيزِ خضابِ الدمِ، وعددِ الكرياتِ الحمرِ، والنسبةِ المئويةِ للهيماتوكريتِ، وتركيزِ الغلوكوزِ، والدهونِ، واللاكتاتِ، والكرياتينينِ، والكرياتين كايغازِ، واللاكتاتِ ديهيدوجينازِ، وناقلةِ أمينِ الأسبارتاتِ، وناقلةِ أمينِ الألائنينِ، وشواردِ الصوديومِ في مصلِ الدمِ، ودرجةِ حرارةِ الجسمِ ومعدلِ النبضِ والتنفسِ، ومستوىِ الضغطِ الشريانيِ بعدَ السباقِ في مجموعاتِ السباقِ (G5-G3) المعطاةِ مُستحضرِ إنرجي فورِت قبلَ وبعدَ السباقِ عندَ مقارنتِهِما مع مجموعةِ الشاهدِ الإيجابيِ (G2-G4).

## (ABSTRACT)

This research was conducted to study the physiological responses in purebred Arabian horses by knowing the hematology changes in the level of hemoglobin concentration, red blood cells count, the percentage of hematocrit in the blood, and the biochemical changes represented by the level of glucose concentration, Lipid profile, proteins, lactate, creatinine, Creatine kinase, lactate dehydrogenase, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, and electrolytes. Sodium and calcium in blood serum, as well as clinical changes represented by body temperature, pulse rate, respiration, and arterial pressure level, all before and after the 1,600-meter race, in addition to knowing the effect of giving medicinal extracts of *Ginseng*, *Phyllanthus*, *Saussurea Costus*, *Alpinia*, *Celery* and *Mustard Seeds*, and vitamin B Complex, which are loaded on Honey, which is contained in the Energy Forte preparation or supplement, helps improve blood physiological, biochemical and clinical responses and alleviate some of the effects of damage, muscle fatigue and related disorders after the race in the muscle recovery phase. ***The horses were distributed into five groups, each group included six horses with similar weights according to the following:***

***-The First Group (G1): the normal control group.*** The horses were left without any race or exercise, to determine the normal values of the studied physiological variables, and the group was considered a negative control group.

***-The Second Group (G2):*** The horses underwent a 1,600-meter gallop, then blood samples were collected from them immediately after the race, as this group was considered a positive control for **The Third Group**.

***-The Third Group (G3):*** The horses in this group were given an Energy Fort supplement at a dose of 2 ml / 100 kg of body weight by intramuscular injection immediately before the 1600-meter race, and then blood samples were collected from them immediately after the race.

***-The Fourth Group (G4):*** The horses underwent a 1,600-meter gallop, then blood samples were collected from them immediately after the race, as this group was considered a positive control for **The Fifth Group**.

***-The Fifth Group (G5):*** The horses in this group underwent a 1,600-meter gallop, then were given Energy Fort supplement at a dose of 2 ml/100 kg body weight by intramuscular injection immediately after the race, and one to two hours after giving the preparation, blood samples were collected from this group.

***All blood samples were obtained from the jugular vein, and the results showed:*** real changes in physiological responses, represented by a significant increase ( $P \leq 0.0001$ ) in the averages of hemoglobin concentration, red blood cell count, hematocrit percentage, glucose concentration, lipids, lactate, creatinine, creatine kinase, lactate dehydrogenase, and transaminase. Aspartate, alanine aminotransferase, and sodium ions in blood serum, and an increase in body temperature, pulse and respiratory rates, and arterial pressure level after the race in the positive control groups (G4-G2) when compared with the normal control group (G1), and a significant decrease ( $P \leq 0.0001$ ) in the averages Hemoglobin concentration, Red Blood Cell Count, hematocrit percentage, glucose concentration, lipids, lactate, creatinine, creatine kinase, lactate dehydrogenase, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, sodium ions in blood serum, body temperature, pulse and respiratory rate, and arterial pressure level after the race in the race groups (G5-G3) given a supplement Energy Forte before and after the race when compared with the positive control group (G2-G4).

## فهرس المحتويات

I.....	الملخص باللغة العربية
II.....	ABSTRACT
III.....	فهرس المحتويات
IX.....	فهرس الجداول
X.....	فهرس المخططات البيانية
XI.....	فهرس الأشكال التوضيحية
XIV.....	قائمة المختصرات العلمية

### الفصل الأول

#### المقدمة وأهداف البحث

رقم الصفحة	الموضوع
١ .....	١- المقدمة:
٥ .....	٢- أهداف البحث:

### الفصل الثاني

#### الدراسة المرجعية

٧ .....	١. أصل الخيول العربية الأصيلة:
٧ .....	٢. الخيول العربية وأهم اختلافاتها عن الخيول الأخرى:

٣. فيزيولوجيا العضلات وآلية استجاباتها للتدريب والسباق: ..... ٨
- ٣,١. بنية العضلات الهيكلية: ..... ٩
- ٣,٢. أنواع الألياف العضلية: ..... ١١
- ٣,٣. أنظمة إنتاج الطاقة لوظائف العضلات: ..... ١٣
- ٣,٣,١. نظام الفوسفاجين: ..... ١٣
- ٣,٣,٢. نظام الغليكوجين-حمض اللاكتيك (الفسفرة اللاهوائية): ..... ١٦
- ٣,٣,٣. نظام الأكسدة الهوائية: ..... ١٧
- ٣,٤. مساهمات مسارات الطاقة عند الخيول أثناء السباق: ..... ٢٠
٤. التعب العضلي عند خيول السباق: ..... ٢١
- ١,٤. تعريف التعب العضلي: ..... ٢١
- ٢,٤. أسباب التعب العضلي عند خيول السباق في سباقات السرعة: ..... ٢٢
٥. الاستجابات الفيزيولوجية للخيول الرياضية قبل وبعد السباق ..... ٢٥
٦. دور الخلاصات النباتية ومجموعة فيتامين ب والعسل في تحسين الاستجابات الفيزيولوجية عند خيول السباق: ..... ٣٠
- ٦,١. أولاً الخلاصات النباتية: ..... ٣٠
- ٦,١,١. الجينسنغ *GINSENG*: ..... ٣١
- ٦,١,٢. الأملج (*PHYLLANTHUS (L.)*): ..... ٣٤
- ٦,١,٣. القسط الهندي *SAUSSUREA COSTUS*: ..... ٣٧
- ٦,١,٤. الخولنجان (القولنجان) (*ALPINIA OFFICINARUM (GALANGAL)*): ..... ٤٠
- 6.1.5. بذور الخردل *MUSTARD SEEDS*: ..... ٤٣
- ٦,٢. العسل *HONEY*: ..... ٤٥
- ٦,٣. مجموعة فيتامينات ب *B COMPLEX*: ..... ٥٠
- ٦,٣,١. دور مجموعة فيتامينات B في تحسين الاستجابات الفيزيولوجية وتحسين الأداء البدني ومقاومة التعب العضلي الناجم عن السباق: ..... ٥٤

## الفصل الثالث

### المواد وطرائق العمل

١. حيوانات التجربة: ٥٨.....
٢. تصميم التجربة: ٥٨.....
٣. الفحوص السريرية للخيول قبل البدء بالتجربة الميدانية: ٥٩.....
٤. العينات الدموية: ٦٠.....
٥. الاختبارات السريرية والفيزيولوجية الخاصة عند الخيول الرياضية في مجاميع التجربة: ٦١.....
- ٥,١ قياس الضغط الدموي الشرياني: ٦١.....
- ٥,٢ قياس معدل النبض: ٦١.....
- ٥,٣ قياس معدل التنفس: ٦١.....
- ٥,٤ قياس درجة الحرارة الجسم: ٦١.....
٦. التحاليل المخبرية لقياس ومعايرة مكونات الدم الخلوية والبيوكيميائية: ٦٢.....
- ٦,١ التحاليل المخبرية لمكونات الدم الخلوية: ٦٢.....
- ٦,١,١ عدّ الكريات الحمر: ٦٢.....
- ٦,١,٢ تقدير تركيز خضاب الدم: ٦٢.....
- ٦,١,٣ تقدير الكسر الحجمي للكريات الحمر أو مكداس الدم أو الهيماتوكريت: ٦٢.....
- ٦,٢ التحاليل المخبرية لعناصر الدم البيوكيميائية: ٦٣.....
- ٦,٢,١ تقدير تركيز الغلوكوز في مصل الدم: ٦٣.....
- ٦,٢,٢ تقدير تركيز الكولستيرول في مصل الدم: ٦٣.....
- ٦,٢,٣ تقدير تركيز الغليسريدات الثلاثية في مصل الدم: ٦٣.....
- ٦,٢,٤ تقدير تركيز البروتين الكلي في مصل الدم: ٦٤.....

٦٤	٦,٢,٥	تقدير تركيز الألبومين في مصل الدم:
٦٤	٦,٢,٦	تقدير تركيز الكرياتينين في مصل الدم:
٦٤	٦,٢,٧	تقدير تركيز اللاكتات في مصل الدم:
٦٥	٦,٢,٨	تقدير تركيز نازعة هيدروجين اللاكتات في مصل الدم:
٦٥	٦,٢,٩	تقدير تركيز ناقله أمين الأسبارتات في مصل الدم:
٦٥	٦,٢,١٠	تقدير تركيز ناقله أمين الآلانين في مصل الدم:
٦٦	٦,٢,١١	تقدير تركيز الكرياتين كايماز في مصل الدم:
٦٦	٦,٢,١٢	تقدير تركيز شوارد الصوديوم:
٦٦	٦,٢,١٣	تقدير تركيز شوارد الكالسيوم:
٦٧	٧	الدراسة الإحصائية:

## الفصل الرابع

### النتائج

٦٩	١	نتائج الاختبارات السريرية والفيزيولوجية الخاصة عند خيول السباق في مجاميع التجربة:
٦٩	١,١	نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للضغط الانقباضي في مجموعات خيول التجربة:
٧١	١,٢	نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للضغط الانبساطي في مجموعات خيول التجربة:
٧٣	١,٣	نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمعدل النبض في مجموعات خيول التجربة:
٧٥	١,٤	نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمعدل التنفس في مجموعات خيول التجربة:
٧٧	١,٥	نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لدرجة حرارة الجسم في مجموعات خيول التجربة:
٧٩	٢	نتائج التحاليل المخبرية لمكونات الدم الخلوية عند خيول السباق في مجاميع التجربة:
٧٩	٢,١	نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لعدد الكريات الحمر في مجموعات خيول التجربة:
٨١	٢,٢	نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز خضاب الدم في مجموعات خيول التجربة:
٨٣	٢,٣	نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للهيماتوكريت الدم في مجموعات خيول التجربة:
٨٥	٣	نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمكونات الدم البيوكيميائية عند خيول السباق:

- ٣,١ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز الجلوكوز في مجموعات خيول التجربة: ..... ٨٥
- ٣,٢ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز الكولستيرول في مجموعات خيول التجربة: ..... ٨٧
- ٣,٣ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز الغليسريدات في مجموعات خيول التجربة: ..... ٨٩
- ٣,٤ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز البروتين الكلي في مجموعات خيول التجربة: ..... ٩١
- ٣,٥ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز الألبومين في مجموعات خيول التجربة: ..... ٩٣
- ٣,٦ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز الكرياتينين في مجموعات خيول التجربة: ..... ٩٥
- ٣,٧ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز اللاكتات في مجموعات خيول التجربة: ..... ٩٧
- ٣,٨ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية اللاكتات ديهيدروجيناز في مجموعات خيول التجربة: ..... ٩٩
- ٣,٩ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية الكرياتين كيناز في مجموعات خيول التجربة: ..... ١٠١
- ٣,١٠ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز ناقلة أمين الأسبارتات في المجموعات: ..... ١٠٣
- ٣,١١ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية ناقلة أمين الآلانين في مجموعات خيول التجربة: .... ١٠٥
- ٣,١٢ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز الصوديوم في مجموعات خيول التجربة: ..... ١٠٧
- ٣,١٣ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز الكالسيوم في مجموعات خيول التجربة: ..... ١٠٩

## الفصل الخامس

### المناقشة

١. مناقشة نتائج الاختبارات السريرية والفيزيولوجية الخاصة عند خيول السباق في مجاميع التجربة (ضغط الدم، معدل النبض، معدل التنفس، درجة الحرارة): ..... ١١٢
٢. مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمكونات الدم الخلوية (تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر والنسبة المئوية للهيماتوكريت) عند خيول السباق في مجاميع التجربة: ..... ١١٤
٣. مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمكونات الدم البيوكيميائية عند خيول السباق في مجاميع التجربة: ..... ١٢١
- ٣,١ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز الجلوكوز: ..... ١٢١
- ٣,٢ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات لتركيز الغليسريدات الكولستيرول: ..... ١٢٣
- ٣,٣ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز البروتين الكلي والألبومين: ..... ١٢٦

- ٣,٤ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز الكرياتينين: ..... ١٢٨
- ٣,٥ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية تركيز اللاكتات: ..... ١٣٠
- ٣,٦ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز أنزيمات مصل العضلات (اللاكتات ديهيدروجيناز - الكرياتين كيناز - ناقلة أمين الأسبارتات - ناقلة أمين الآلانين): ..... ١٣٤
- ٣,٧ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الصوديوم والكالسيوم: ..... ١٤٠
- ٤-١ مناقشة ارتباط الغلوكوز-اللاكتات في التعب العضلي ..... ١٤١
- ٤-٢ مناقشة ارتباط عدد الكريات الحمر-خضاب الدم في التعب العضلي ..... ١٤١
- ٤-٣ مناقشة ارتباط ناقلة أمين الأسبارتات-الكرياتين كيناز في التعب العضلي ..... ١٤٢

## الفصل السادس

### الاستنتاجات والتوصيات

١. الاستنتاجات Conclusions: ..... ١٤٥
٢. التوصيات Recommendations: ..... ١٤٦

## الفصل السابع

### المراجع

- ١- المراجع العربية: ..... ١٤٨
- ٢- المراجع الأجنبية: Referances ..... ١٤٩
- ملحق الصور: ..... ١٥٠

## فهرس الجداول

الصفحة

رقم الجدول

- الجدول رقم (1): يوضح أهم الفروقات بين الأنواع الثلاثة من الألياف العضلية ..... ١٢
- الجدول رقم (2): يلخص وصف أنظمة الطاقة الثلاثة ..... ١٩
- الجدول رقم (3): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للضغط الانقباضي ..... ٧٠
- الجدول رقم (4): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للضغط الانبساطي ..... ٧٢
- الجدول رقم (5): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في معدل النبض ..... ٧٤
- الجدول رقم (6): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في معدل التنفس ..... ٧٦
- الجدول رقم (7): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في درجات الحرارة ..... ٧٨
- الجدول رقم (9): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تركيز خضاب الدم ..... ٨٢
- الجدول رقم (10): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للنسبة المئوية للهيماتوكريت ..... ٨٤
- الجدول رقم (11): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الغلوكوز ..... ٨٦
- الجدول رقم (12): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الكولستيرول ..... ٨٨
- الجدول رقم (13): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الغليسريدات الثلاثية ..... ٩٠
- الجدول رقم (14): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز البروتين الكلي ..... ٩٢
- الجدول رقم (15): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الألبومين ..... ٩٤
- الجدول رقم (16): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الكرياتينين ..... ٩٦
- الجدول رقم (17): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز اللاكتات ..... ٩٨

- الجدول رقم (18): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز اللاكتات ديهيدروجيناز ..... ١٠٠
- الجدول رقم (19): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الكرياتين كابتاز ..... ١٠٢
- الجدول رقم (20): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز ناقلة أمين الأستارات ..... ١٠٤
- الجدول رقم (21): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز ناقلة أمين الألانين ..... ١٠٦
- الجدول رقم (22): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الصوديوم ..... ١٠٨
- الجدول رقم (22): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الكالسيوم ..... ١١٠

## فهرس المخططات البيانية

الصفحة

رقم المخطط البياني

- المخطط البياني رقم (1): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للضغط الانقباضي. ٧٠.....
- المخطط البياني رقم (2): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للضغط الانبساطي. ٧٢.....
- المخطط البياني رقم (3): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في معدل النبض. ٧٤.....
- المخطط البياني رقم (4): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في معدل التنفس. ٧٦.....
- المخطط البياني رقم (5): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في درجات حرارة الجسم. ٧٨.....
- المخطط البياني رقم (6): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في عدد الكريات الحمر. ٨٠.....
- المخطط البياني رقم (7): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز خضاب الدم. ٨٢.....
- المخطط البياني رقم (8): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في للهيماتوكريت. ٨٤.....
- المخطط البياني رقم (9): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز الغلوكوز. ٨٦.....
- المخطط البياني رقم (10): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز الكولستيرول. ٨٨.....
- المخطط البياني رقم (11): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز الغليسريدات. ٩٠.....
- المخطط البياني رقم (12): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز البروتين الكلي. ٩٢.....
- المخطط البياني رقم (13): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز الألبومين. ٩٤.....
- المخطط البياني رقم (14): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز الكرياتينين. ٩٦.....
- المخطط البياني رقم (15): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز اللاكتات. ٩٨.....
- المخطط البياني رقم (16): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز. ١٠٠.....
- المخطط البياني رقم (17): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز الكرياتين كايناز. ١٠٢.....
- المخطط البياني رقم (18): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز ناقلة أمين الأسبارتات. ١٠٤...

المخطط البياني رقم (19): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز ناقلة أمين الآلانين..... ١٠٦

المخطط البياني رقم (20): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز الصوديوم..... ١٠٨

المخطط البياني رقم (21): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز الكالسيوم..... ١١٠

## فهرس الأشكال التوضيحية

الصفحة

رقم الشكل التوضيحي

- الشكل رقم (1): بنية العضلات الهيكلية ..... ١٠
- الشكل رقم (2): يوضح البنية الكيميائية للأدينوزين ثلاثي الفوسفات ..... ١٣
- الشكل رقم (3): النظام الاستقلابي العام ..... ١٤
- الشكل رقم (4): الترابط بين آلية التقلص العضلي ومسارات استقلاب الطاقة ..... ١٨
- الشكل رقم (6): التركيب الكيميائي للجينسنوسيدات المصنفة إلى أربعة مجموعات ..... ٣٢
- الشكل رقم (7): التركيب الكيميائي للمركبات الفينولية الفعالة في نبات الأملج ..... ٣٤
- الشكل رقم (8): الجواهر الفعالة في القسط الهندي وخصائصه العلاجية ..... ٣٨
- الشكل رقم (9): التركيب الكيميائي لبعض الجواهر الفعالة في القولنجان ..... ٤١
- الشكل رقم (10): يوضح الخصائص العلاجية للقولنجان تحت تأثير الجواهر الفعالة للنبات ..... ٤٢
- الشكل رقم (11): التركيب الكيميائي لأهم الجواهر الفعالة في بذور الخردل ..... ٤٣
- الشكل رقم (12): المركبات الفينولية في العسل ..... ٤٦
- الشكل رقم (13): يوضح الآلية المحتملة التي يمكن من خلالها أن يؤدي إعطاء عسل النحل إلى تحسين النشاط البدني ..... ٤٩
- الشكل رقم (14): لمحة عامة عن مشاركة مجموعة فيتامينات B في المسارات الرئيسية لإنتاج الطاقة الخلوية .. ٥٣
- الشكل رقم (15): الآلية الخلوية لحدوث التلف العضلي الناجم عن ممارسة التمارين الرياضية ..... ١٣٧
- الشكل رقم (16): يبين الآلية المحتملة لعمل المكملات الحاوية على الخلاصات النباتية ..... ١٣٩

## جدول المختصرات

### List of Abbreviations

المختصر	المصطلح الإنكليزي	المصطلح العربي
ATP	Adenosine triphosphate	الأدينوزين ثلاثي الفوسفات
ADP	Adenosine diphosphate	الأدينوزين ثنائي الفوسفات
AMP	Adenosine monophosphate	الأدينوزين أحادي الفوسفات
GLUT	Glucose transporters	ناقلات الغلوكوز
NAD	Nicotinamide dinucleotide	نيكوتين أميد ثنائي النكليوتيد
FAD	flavin adenine dinucleotide	فلافين أدينين ثنائي النيوكليوتيد
AST	Aspartate aminotransferase	ناقلة أمين الأسبارتات
ALT	Alanine aminotransferase	ناقلة أمين الألانين
CK	Creatine kinase	الكرياتين كيناز
LDH	Lactate dehydrogenase	اللاكتات ديهيدروجيناز
TG	Triglycerides	ثلاثي الغليسريد
TC	Total cholesterol	الكولستيرول الكلي
TP	Total protein	البروتين الكلي
RBCs	Red blood cells	كريات الدم الحمر
Hb	Hemoglobin	خضاب الدم
PCV	packed cells volume	مكداس الدم
HDL	High-density lipoprotein	البروتين الدهني عالي الكثافة
LDL	Low-density lipoprotein	البروتين الدهني منخفض الكثافة
NEFA	Non-esterified fatty acids	الأحماض الدهنية غير المؤسترة
VLDL	Very low-density lipoprotein	البروتين الدهني منخفض الكثافة جداً
FFA	Free fatty acids	الأحماض الدهنية الحرة
HR	Heart rate	معدل النبض
RR	Respiratory rate	معدل التنفس
CRT	Capillary Refill Time	زمن امتلاء الشعيرات الدموية
ADH	Antidiuretic hormone	الهرمون المضاد للإبالة
SOD	Superoxide dismutase	الديسموتاز الفائق
CAT	Catalase	الكاتالاز
MCT	Monocarboxylate Transport	ناقلات أحادية الكربوكسيل
PTH	parathormone hormone	هرمون الدريقات
RAAS	Renin-angiotensin-aldosterone	الرينين-أنجوتنسين-ألدوستيرون

الفصل الأول

CHAPTER ONE

المقدمة وأهداف البحث

INTRODUCTION &

RESEARCH OBJECTIVES

## ١ - المقدمة Introduction:

تُعد الخيول العربية الأصيلة Purebred Arabian Horses واحدةً من أقدم السلالات في العالم والتي لها الدور الكبير في تطوير سلالاتٍ جديدةٍ من الخيول في العصر الحديث (Cosgrove et al., 2020) ومن المعروف أنّ الخيول العربية من أجمل سلالات الخيول في العالم قاطبةً، حيثُ تمتازُ بتوازنها وتناسق حركتها وكتلتها العضلية ومظهرها الأنيق، ولجمالها ورشاققتها وألوانها الساحرة مراتب عديدة جعلت لها أسماءً وأنسابٍ مختلفة (Fontanel et al., 2020). وتحتل الخيول العربية الأصيلة المرتبة الأولى عالمياً في سباقات التحمل (Witkowska-Piłaszewicz et al., 2021)، في حين تحتل المرتبة الثانية عالمياً في سباقات السرعة بعد خيول ثوروبريد (Thoroughbred) وستاندربريد (Standardbreds) المُهجنّة من خيول عربية بالأصل (ARO.2023; Fontanel et al., 2020)، وقد استُخدمت الخيول العربية تاريخياً لتحسين مجموعةٍ من الصفات في سلالات الخيول الأخرى وذلك لامتلاكها خصائص وصفات فيزيولوجية فريدة جعلتها في المراتب الأولى عالمياً (Önder et al., 2022)، في حين يُعد اقتناء الخيل في الماضي والحاضر عند العرب مظهراً من مظاهر القوة والجاه والسلطان، والمُتتبع لتاريخ العرب وتراثهم يُلاحظ الدور المهم للخيل في حياتهم، حيثُ كان العرب ومازالوا يُكرمون الخيل، ويقدرّون فضلها بل ويؤثرونها على الأهل والولد (طباع وزملاؤه، ٢٠٠٩)، وقد كرم الإسلام الخيل أيماً تكريم، ونص على أهميتها البالغة، بوصفها رمزاً للمنعة والقوة، والوسيلة العظمى لنشر الرسالة السماوية في الآفاق، حتى إنّ الله سبحانه وتعالى أقسم بها في مُحكم تنزيله حين قال: ﴿وَالْعَادِيَاتِ ضَبْحًا (١) فَالْمُورِيَاتِ قَدْحًا (٢) فَالْمُعْزِرَاتِ ضَبْحًا﴾ (العاديات: ١-٣).

يبلغ متوسط سرعة خيول السباق 17 متر/ ثانية أثناء سباقات السرعة (Mercier & Aftalion., 2020)، ويُطلب من الخيول الحفاظ على هذه السرعة لأكثر من دقيقتين في السباقات العالمية مثل كنتاكي ديربي (Kentucky Derby) أو إيسوم ديربي (Epsom Derby) وغيرها من سباقات السرعة المختلفة (Gardner, 2016)، وإنّ مثل هذه الأنشطة الرياضية عالية الشدة (High-Intensity Exercise) والتي تسمى بسباقات السرعة يمكن أن تسبب التعب العضلي، مما يؤدي إلى عدم قدرة الخيول على الحفاظ على سرعتها خلال السباقات (Takahashi et al., 2021)، حيثُ تُعد مشكلة التعب العضلي Muscle Fatigue من أهم المشاكل التي تواجه الخيول الرياضية خلال موسم السباق (مرحلة التدريب) وأثناء وبعد السباق (Witkowska-Piłaszewicz., 2021; Takahashi et al., 2020) والنتائج عن استجابات فيزيولوجية معقدة والتي لها أسباب كثيرة أهمها عدم وصول الخيول إلى مرحلة التكيف الفيزيولوجي أثناء مرحلة التدريب و تحميل الخيول أقصى من قدرتهم القصوى أثناء السباق وفي الغالب تؤدي هذه الاستجابات والتغيرات إلى نشوء العديد من الاضطرابات والأمراض نتيجة تراكم الجذور الحرة وتراكم نواتج الاستقلاب وحدوث الحمض الاستقلابي واضطراب التوصيل العصبي العضلي وضعف النقص العضلي وغيرها من الاضطرابات الأخرى، وفي بعض الأحيان تؤدي إلى الموت (Arfuso et al., 2022). في حين يُعتبر تعرض الخيول الرياضية للتحديات أثناء السباق والتي قد تكون مرهقة للغاية أمراً بالغ الأهمية، حيث يبدأ الضغط الحاد على الخيول كاستجابات فيزيولوجية معقدة جداً تتشابه فيما بينها ليظهر التعب على صورة تغيرات دموية وبيوكيميائية مرتبطة بعوامل معقدة ومتراصة مع بعضها البعض (Ishizaka et al., 2017)، يمكن تقييم هذه الاستجابات من خلال الملاحظات السريرية وتحليل المؤشرات الفيزيولوجية التي تتمثل سريراً بقياس درجة الحرارة والضغط الشرياني ومعدلات النبض والتنفس، ودموياً من خلال عدّ الكريات الحمر ومعرفة النسبة المئوية للهيماتوكريت والتي تدل على الأمراض المرتبطة بالانحلال الدموي وبيوكيميائياً من خلال معرفة تراكيز مؤشرات الاستقلاب ونواتجه منها الغلوكوز والدهون والبروتينات واللاكتات والتي تدل على مسارات

وأنظمة الطاقة المسيطرة لتحديد مصدر التعب العضلي وأنزيمات مثل اللاكتات ديهيدوجيناز والكرياتين كيناز وناقلة أمين الأسبارتات التي تدل على التلف العضلي وبعض الشوارد مثل الكالسيوم والصوديوم (Lo Feudo et al., 2020; Hurcombe., 2023). حيث توفر الاستجابات الدموية مؤشرات بسيطة نسبياً ولكنها موثوقة جداً لتحديد الحالة الفيزيولوجية وذلك من خلال إعطاء نظرة ثاقبة في العمليات الحيوية المختلفة التي تتم في مستوى الأعضاء عند الخيول الرياضية (Piccione et al., 2009; Satué et al., 2012). بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تكون المؤشرات الدموية والبيوكيميائية في الدم مؤشرات عالية الدقة لمعرفة سير الاستجابات الفيزيولوجية مع آلية التكيفات التي تتم في مستوى الأعضاء وكذلك للاستجابة للعلاج، وشدة المرض والإثارة الجهازية، بالإضافة إلى تحديد مستويات رفاهية الخيول والصحة واللياقة البدنية للخيول (Krumrych., 2006; Satué et al., 2012). وعلى الرغم من الاستخدام الموسع في مراقبة الاستجابات الفيزيولوجية في طب الخيول الرياضية، إلا أنه قد يمثل تفسير نتائج هذه المؤشرات تحدياً في بعض الحالات، لأنه يمكن أن يتأثر بشدة بعدد كبير من العوامل. حيث قد تختلف المؤشرات الدموية وفقاً لسلالة والجنس والعمر والحالة التناسلية واللياقة البدنية ومستويات التدريب والتمرين والتغذية والتغيرات الهرمونية اليومية وإجراءات التعامل مع الخيول أثناء سحب الدم ودرجة الإثارة والحالة الصحية (Satué et al., 2012; Piccione et al., 2009). في حين ركزت الدراسات الحديثة لفيزيولوجيا تمارين الخيول بشكل أساسي على تحديد فائدة المؤشرات الدموية لتقييم القدرة الفيزيولوجية الحقيقية والتكيف مع زيادة الأحمال الرياضية لدى الخيول من سلالات مختلفة وكذلك التكهن بخطورة حصول الأمراض والاضطرابات بعد السباقات المختلفة (Fazio et al., 2022). حيث من المهم فهم التغيرات في الاستجابات الدموية والبيوكيميائية التي تنتجها أنواع مختلفة من التمارين، لأنها تعكس التغيرات في وظائف الأنظمة الفيزيولوجية المختلفة وفي نوع الطاقة المستخدمة أثناء السباق وكذلك التنبؤ بحجم ونوع الاضطرابات التي يمكن أن تصيب الخيول في مرحلة السباق ومرحلة الاستشفاء (Maško et al., 2021). وقد أشارت العديد من الدراسات على أهمية فهم تلك التغيرات الدموية وتفسيرها بشكل منطقي بحيث يتماشى مع عوامل الخطورة المحيطة بالخيول بعد السباقات المختلفة لتقادي تلك الاضطرابات، وكذلك بينت العديد من الدراسات إلى أن تقييم التغيرات الدموية والبيوكيميائية في الخيول المشاركة في السباق لا تزال تتطلب المزيد من الدراسة والمناقشة (Fazio et al., 2014; Piccione et al., 2022). لذلك كانت أحد أهداف البحث دراسة تلك التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية بعد سباق 1600 متر. وبشكل عام أظهرت الدراسات التي أجريت على خيول السباق التي تُمارس نشاطاً بدنياً عالي الشدة سواء في التدريب الذي يُحاكي السباق أثناء موسم السباق أو في سباق 1600 متر حدوث تغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية تمثلت بحدوث ارتفاع معنوي في تركيز خضاب الدم (Hb) وعدد الكريات الحمر (RBCs) و الهيماتوكريت (HCT) وتغيرات بيوكيميائية تمثلت بحدوث ارتفاع معنوي في تركيز الغلوكوز واللاكتات والأنزيمات التي تدل على التعب والضرر العضلي مثل انزيم اللاكتات ديهيدروجيناز Lactate Dehydrogenase (LDH) وأنزيم الكرياتين كيناز Creatine Kinase (CK) وناقلة أمين الألانين Alanine Aminotransferase (ALT) وناقلة أمين الأسبارتات Aspartate Aminotransferase (AST) وتغيرات معنوية في تراكيز الشوارد والبروتينات والدهون (Wang et al., 2023; Zuluaga) (Cabrera et al., 2022; Bos et al., 2018; Muñoz et al., 2002; حيث قد يمنحنا فهم آثار التعب المرتبط مع الاستجابات الدموية رؤى حول كيفية تكيف الخيول مع ظروف التعب ويساعد في تقييم التغيرات في شكل الاستجابات الفيزيولوجية للخيول مع التعب (Takahashi et al., 2021).

وقد اقترح العديد من الباحثين طرائقٍ مُختلفةٍ لتحسين الاستجابات الفيزيولوجية والتخفيف من آثارِ التعبِ والتلفِ العضليّ وكذلك التخفيف من وطئهما -كونهما المعوقان الرئيسان للإنجاز الرياضي و حدوث الاضطرابات والأمراض مثل لزوجة الدم وانحلال الدم والبييلة الخضابية- والوصول إلى مرحلة التكيفات الفيزيولوجية عند الخيول قبل السباق (فترة التدريب)، واثاء السباق، وبعد السباق (فترة الاستشفاء)، وكذلك زيادة القوة العضلية في الاندفاع، وزيادة قوة التحمل وتحسين مرحلة الاستشفاء العضلي التي تعقب السباق والتمارين من خلال تأمين مصادر إضافية طبيعية للطاقة مع استخدام مزيج من مضادات الأكسدة ومضادات الالتهاب أثناء العديد من التمرينات الرياضية والسباقات المختلفة، وذلك للوصول إلى أعلى كفاءة رياضية خلال السباقات المختلفة وبأقل تأثيرات جانبية على الخيول (Elghandour et al., 2018). حيث أُستُخدمت المُكمّلات الغذائية والعقاقير والمستحضرات الطبية والخلاصات النباتية للمساعدة في الوقاية من آثار التعبِ وكذلك التلف العضلي ومن نقص الفيتامينات والمعادن والشوارد والاضطرابات الأخرى بعد السباق وكذلك لتحسين الاستجابات الفيزيولوجية وتحسين الصحة العامة والأداء الرياضي (Murray et al., 2021). ومن الجدير بالذكر ان هناك طيفاً واسعاً جداً من المُكمّلات الغذائية الخاصة بصحة الانسان والتي تعمل على موازنة النظام الغذائي والاستقلابي، وتحسين الأداء الرياضي والتخفيف من آثار التعبِ العضلي ومن المشكلات الصحية الأخرى، وبالمقابل فقد كان هناك كثافة في انتاج المُكمّلات الصحيّة عند الخيول على مدار العشرين عاماً الماضية. وقد نتج عن ذلك مجموعة هائلة من المُكمّلات المتاحة لأصحاب الخيول (Murray et al., 2021). ومن هنا نشأت مساعدات أو مُكمّلات الطاقة أو ما يسمى بأداة توليد الطاقة وهي أي تقنية تدريب، أو جهاز ميكانيكي، أو مُستحضر أو ممارسة غذائية، أو طريقة دوائية، أو تقنية نفسية يُمكنها تحسين القدرة في أداء التمرين أو تعزيز تكيفات التدريب الناتجة عن الاستجابات الفيزيولوجية وقد تساعد مُكمّلات الطاقة في الإعداد للسباق، وتحسين كفاءة الاستجابات الفيزيولوجية أثناء السباق، وتعزيز مرحلة الاستشفاء بعد السباق، أو المساعدة في الوقاية من الإصابات العضلية أثناء التدريب المكثف. على الرغم من أنّ هذا التعريف يبدو واضحاً إلى حد ما، إلا أنّ هناك جداً كبيراً بشأن القيمة المولدة للطاقة للمُكمّلات الغذائية المختلفة، ولكن بشكلٍ عام يُوجد إجماعٌ من قِبل الباحثين على أنّ المُكمّلات مولدات للطاقة ومساعدات في مرحلة الاستشفاء من خلال خاصيات مضادات الأكسدة والالتهاب التي تتمتع بها، إذ أظهرت الدراسات من قبل الباحثين أنّ المُكمّلات تُعزز بشكلٍ كبيرٍ من أداء التمرين الذي يُحاكي السباق أو المهمة الرياضية بعد فتراتٍ مختلفة من الإعطاء (على سبيل المثال، يُعزز المُكملُ الزيادات في القوة القصوى وسرعة الجري و / أو العمل أثناء مهمة تمرين معينة). ومن ناحيةٍ أخرى قد يكون للمُكمل أيضاً قيمةً مولدةً للطاقة إذا كان يُعزز بشكلٍ كبيرٍ من قدرة الرياضي على أداء مهمة تمرينٍ واحدٍ أو يُعزز مرحلة الاستشفاء والتعافي من نوبة تمرينٍ واحدٍ (Kerksick et al., 2018). وفي الآونة الأخيرة ظهرت المُكمّلات متعددة النباتات الطبية المستعملة عند الخيول والتي تحتوي على العديد من الخلاصات النباتية والمغذيات الدقيقة (الفيتامينات) (Cecchini et al., 2014; Grigore et al., 2022) وازدادت شعبيةً فئةً جديدةً من المُكمّلات النباتية وتسمى مُكمّلات ما قبل السباق متعددة المكونات ويهدف تناول هذه المُكمّلات قبل التمرين لتحسين الإداء الرياضي أثناء النشاط البدني وتحسين الاستجابات الفيزيولوجية أثناء موسم التدريب وبعد السباق حيث تحتوي عادةً على مزيج من المكونات مثل الكافيين والكرياتين والعديد من الخلاصات النباتية والفيتامينات (Harty et al. 2018).

وأشارت العديد من الأبحاث إلى أنّ الخلاصات النباتية للجينسينغ، الأملج، الفولنجان، القسط الهندي وبذور الكرفس والخردل تشتركُ بخصايصٍ عديدةٍ أهمها مضادات الأكسدة ومضادات الالتهاب حيثُ تساهم في تحطيم نشاط الجذور الحرة المتولدة عن السباق والتدريب وكذلك تساهم في تحسين مرحلة الاستشفاء والتعافي من الضرر العضلي من خلال تحسين وتنظيم

العمليات الالتهابية الناجمة عن التلف العضلي، حيث برهنت الأبحاث أن تلك الخلاصات للنباتات الطبية المذكورة أعلاه تحافظ على وظيفة العضلات وتُعزِّزُ إصلاح أضرار العضلات (Zha et al., 2022)، كما بينت الدراسات أنه يمكن أن يؤدي إعطاء تلك الخلاصات قبل وبعد التمرين والسباق إلى التخفيف من إصابة العضلات وتنظيم المؤشرات السريرية والبيوكيميائية (CK,LDH,AST,ALT,LAC,GLU,TG,TC,TP,ALP) التي تُسببها التمارين والحفاظ على تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر والهيماتوكريت (RBCs,Hb,PCV) ضمن الحدود الطبيعية وتحسين القدرة على التحمل ودعم تعافي العضلات عن طريق تقليل بيروكسيد الدهون وتحطيم الجذور الحرة بفضل الخواص المضادة للأكسدة وكذلك تعزيز التكيف الالتهابي بفضل الخواص المضادة للالتهاب التي تتمتع بها تلك النباتات (Lin et al., 2022). حيث يؤدي الجمع بين الخلاصات والفيتامينات إلى إحداث تأثير تآزري للمواد الفعالة وتحسين أداء التمرين الشاق وتحسين ما يليه من استجابات وتكيفات (Jagim et al., 2019)، وكذلك تقليل الآثار الضارة للإجهاد التأكسدي الناجم عن الجذور الحرة المتولدة أثناء السباق (Rossi et al., 2021; Smarsh et al. 2010). وكذلك أثبتت الدراسات أن العسل مصدر مهم للطاقة اللازمة للرياضيين أثناء السباق والتمرينات الرياضية وذلك نظراً لإحتوائه على تركيز عالي من الكربوهيدرات وكذلك الفينولات والفلافونيدات التي لها خصائص مضادة للأكسدة ومضادة للالتهاب، وكلتا الخاصيتين التي يتمتع بهما العسل قد تحقق توازناً مناسباً بين الحاجة الماسة للطاقة أثناء السباق وكبح الجذور الحرة الناتجة عن السباق وتحسين العمليات الالتهابية في العضلات في مرحلة التعافي والاستشفاء، وتحقيقاً لهذه الغايات بدأت مجموعة قليلة من الأبحاث في الظهور حول التطبيق المحتمل للعسل كاستراتيجية إما لتعزيز الأداء الرياضي، أو تحسين التعافي، أو التأثير في الاستجابات الفيزيولوجية للتمرين الرياضية (Hills et al. 2019). ولا يخفى على أحد دور مجموعة فيتامين (B) المركبة في تنظيم الاستقلاب المولد للطاقة، حيث أثبتت الدراسات أن مجموعة فيتامين (B) دوراً في تحطيم الجذور الحرة المتولدة أثناء السباق وتخفيف التعب العضلي المرتبط بالتلف العضلي والذي قد يكون له دوراً في تحسين الاستجابات الفيزيولوجية الدموية والبيوكيميائية والسريرية، وزيادة قوة العضلات من خلال الاستقلاب المتكامل للطاقة. (Tardy et al., 2020).

وعلى غرار بعض الدراسات التي عملت على تقييم استخدام المكملات التجارية في الولايات المتحدة الأمريكية والمملكة المتحدة والتي تُشير إلى الاستخدام الواسع النطاق للمكملات الحاوية على العديد من الخلاصات النباتية الطبية والفيتامينات عند الخيول (Murray et al., 2021 ; Burk and Williams., 2018) مع اعتمادهم على نهج البحث العلمي المبني على الاستبيان لمعرفة أهمية هذه المكملات. وعلى الرغم من أن الكثير من المكملات المصنعة من قبل الشركات التجارية يدعون فيها تحسين الأداء أو التخفيف من المشكلات والاضطرابات الصحية، إلا أنه لا يزال هناك ندرة في الدراسات القائمة على الأدلة لدعم هذه الادعاءات. وبالتالي، فإن مالكي الخيول لديهم إمكانية الوصول إلى مجموعة واسعة من المكملات مع القليل من الأدلة العلمية أو عدم وجودها لدعم فعاليتها (Geor., 2006). ومن ذلك المنطلق وبناءً على المعلومات العلمية المنشورة في الأبحاث العالمية توجب علينا تقييم إحدى المنتجات المصنعة محلياً حيث عملنا في بحثنا هذا على التعاون مع شركة الفارابي لتصنيع الأدوية البيطرية والزراعية وتم تحضير الخلاصات النباتية من النباتات الطبية: الجنسينغ، الأملج، القولنجان، القسط الهندي وبذور الكرفس والخردل ومجموعة فيتامين (B) وتحميلها على العسل وفق الشروط العلمية في مكمل واحد يُسمى إنرجي فورت وبعد إجراء عدة دراسات تجريبية للمكمل على حيوانات التجربة، تم الآن الانتقال إلى مرحلة تقييم المكمل علمياً والتحقق من فعاليته عند الخيول.

## ٢- أهداف البحث Research Aims:

- ❖ دراسة الاستجابات الفيزيولوجية للخيول الرياضية من خلال معرفة التغيرات الدموية في مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر والنسبة المئوية للهيماتوكريت قبل وبعد سباق 1600 متر .
- ❖ دراسة الاستجابات الفيزيولوجية للخيول الرياضية من خلال معرفة التغيرات البيوكيميائية في مستوى تركيز الجلوكوز الدهون والبروتينات واللاكتات والكرياتينين والكرياتين كايناز واللاكتات ديهيدوجيناز وناقلة أمين الأسبارتات وناقلة أمين الألائين وشوارد الصوديوم والكالسيوم قبل وبعد سباق 1600 متر .
- ❖ دراسة الاستجابات الفيزيولوجية من خلال معرفة التغيرات السريرية في درجة حرارة الجسم ومعدل النبض والتنفس ومستوى الضغط الشرياني قبل وبعد سباق 1600 متر .
- ❖ معرفة دور مكمل إنرجي فورت عند إعطائه للخيول الرياضية قبل وبعد سباق 1600 متر في تحسين الاستجابات الفيزيولوجية الدموية والبيوكيميائية والسريرية وفي التخفيف من آثار التلف والتعب العضلي .

الفصل الثاني

CHAPTER TWO

الدراسة المرجعية

LITERATURE REVIEW

## ١. أصل استئناس الخيول العربية الأصيلة: Origin of Purebred Arabian Horses

لطالما كان أصل استئناس الخيول قضية علمية اكتنفها الغموض لسنواتٍ عديدةٍ، فكلما اقترب العلماء من تقديم دليلٍ علمي يكشفُ الغزْرَ، يتبددُ الدليلُ، ويُعيد الباحثون الكَرَّةَ من جديدٍ؛ لكنَّ في الآونة الأخيرة كشفتُ دراسةٌ دوليةٌ حديثةٌ يُعتقد أنها فكَّت الالتباسَ حول أصل الخيول التي نمتطيتها اليوم، واستطاع العلماء معرفة مكانَ وزمنَ استئناسها، وكشفتُ أنه تمَّ استئناس الخيول لأول مرة من قبل الجنس البشري في سهول بونتيك-قزوين شمال القوقاز جنوبي روسيا منذ حوالي 6000 عام (Taylor & Barrón-Ortiz., 2021). وعلى مر العصور تمَّ انتقاء الخيول بدقةٍ عاليةٍ وخصوصاً على مدى الـ 400-600 سنة الماضية، مع الأخذ في الاعتبار أنماط الأداء الرياضي التي كانت تُمارسها الخيول خلال تعاقب الفترات الزمنية (Bugno-Poniewierska et al., 2019). ونتيجة لهذه الانتقائية التي كانت تعتمد على مبادئ أسستها كلَّ مرحلةٍ من مراحل تطور الخيول ظهرت الخيول العربية الأصيلة من بلاد ما بين النهرين إلى بلاد الشام وصولاً إلى جزيرة العرب (Remer et al., 2022 ; Ayad et al., 2021). وأنَّ هذا التطور الرهيب في انتقائية الخيول والحفاظ على الدم الصافي للعرق وحفظ أنسابها والتزاوج المبني على أسسٍ تعتمد على شكل الخيول وجمالها و بنيتها الجسمية جعلتُ خيول السباق الحالية تتمتع بعددٍ من الميزات الفيزيولوجية الفريدة أهمها: نظام القلب والأوعية الدموية المتطور، قدرة عالية لامتصاص الأوكسجين، حجم رئوي كبير، تركيز عالي للهيموغلوبين، كتلة عضلية كبيرة مقارنة بوزن الجسم، عضلات هيكلية كثيفة، هيكل عظمي متين، كثافة الميتوكوندريا في العضلات التي تمتلك قدرات عالية في الاستقلاب اللاهوائي والهوائي، قدرة هوائية قصوى عالية ( $\dot{V}O_{2max}$ )، مخازن كبيرة من الطاقة داخل العضلات وخاصة الغليكوجين، ارتفاع القدرة التنفسية للعضلات الهيكلية، انقباض الطحال مما يؤدي إلى زيادة قدرة الدم على حمل الأوكسجين بنسبة تصل إلى أكثر من 50% بعد وقت قصير من بداية السباق، مشية عالية الكفاءة وقابلة للتكيف، قدرة متطورة للتنظيم الحراري الفعال (Ekici & Ozmen, 2021; Gurgul et al., 2019).

## ٢. الخيول العربية وأهم اختلافاتها عن الخيول الأخرى: Arabian horses and their most important differences from other horses

يُعتقد عموماً أنَّ الخيول العربية هي واحدة من أقدم سلالات الخيول وأكثرها تأثيراً في العالم وذلك لعدة أسباب أهمها الانتقائية التي عمل عليها العرب أثناء تطوير سلالة الخيول الأصيلة، حيثُ يمكنُ معرفة الخيول العربية مباشرةً وتمييزها عن خيول السلالات الأخرى بسبب جمالها ومظهرها الفريد، كما أنَّها تمتلك العديد من التكييفات الفيزيولوجية والهيكلية والوظيفية للأداء الرياضي الممتاز مما جعلها معروفة في جميع أنحاء العالم بقدرتها الاستثنائية على السرعة والتحمل (Derry., 2023). وعلى الرغم من أنَّ الخيول العربية تُتنافس في كثير من الأحيان في مجموعة واسعة من رياضات الفروسية (الفز، سباقات السرعة، سباقات الضاحية،...)، إلا أنَّها تميلُ إلى السيطرة على مسابقات التحمل. ونتيجةً لذلك، غالباً ما يتم استخدام الخيول العربية ليس فقط لتعزيز صفات سلالات الخيول الأخرى ولكن أيضاً لتعزيز قدرات السرعة والتحمل (Ropka-Molik et al., 2019). وأنَّ أهم الاختلافات عند مقارنة الخيول العربية مع سلالات خيول السباق الأخرى من ناحية العضلات الهيكلية، نجد أنَّ الخيول العربية تتمتع بكتلة عضلية ضخمة وبروز عضلي متناسق مع زوايا اندغام للعضلات تُعطيها القدرة على الحركة بإيقاعية متناغمة وأطوال عضلية مذهلة وخاصة في الرقبة والقوائم، في حين يتميزُ النسيج العضلي للخيول العربية باختلافات كبيرة في البنية حيث لوحظتُ غلبة الألياف المؤكسدة من النوع الأول في الخيول العربية، في حين تمَّ اكتشاف نسبة أعلى



من ألياف النوع الثاني في الخيول الأصيلة المهجنة (López-Rivero et al., 1989). يؤدي هذا الاختلاف في توزيع نوع الألياف إلى سمات أداء عضلية مختلفة، حيث أنه في عضلات الخيول العربية تؤدي النسبة الأعلى من الألياف المؤكسدة من النوع الأول إلى استخدام أكبر للدهون للحصول على الطاقة مما يُعطيها قدرة أعلى على التحمل (Myćka et al., 2023). وكذلك تسمح القدرة الهوائية المتزايدة للعضلات الهيكلية باستقلاب المزيد من الدهون واستخدام الطاقة من الأحماض الدهنية، بينما تستخدم في نفس الوقت الكربوهيدرات كمصدر للطاقة أي أن الخيول العربية لديها مرونة أعلى في استخدام المسارات الهوائية واللاهوائية في آن واحد مما يُعطيها قدرة أعلى على مقاومة التعب العضلي (Ropka-Molik et al., 2017).

### ٣. فزيولوجيا العضلات وآلية استجاباتها للتدريب والسباق: Muscle physiology and the mechanism of its responses to training and racing

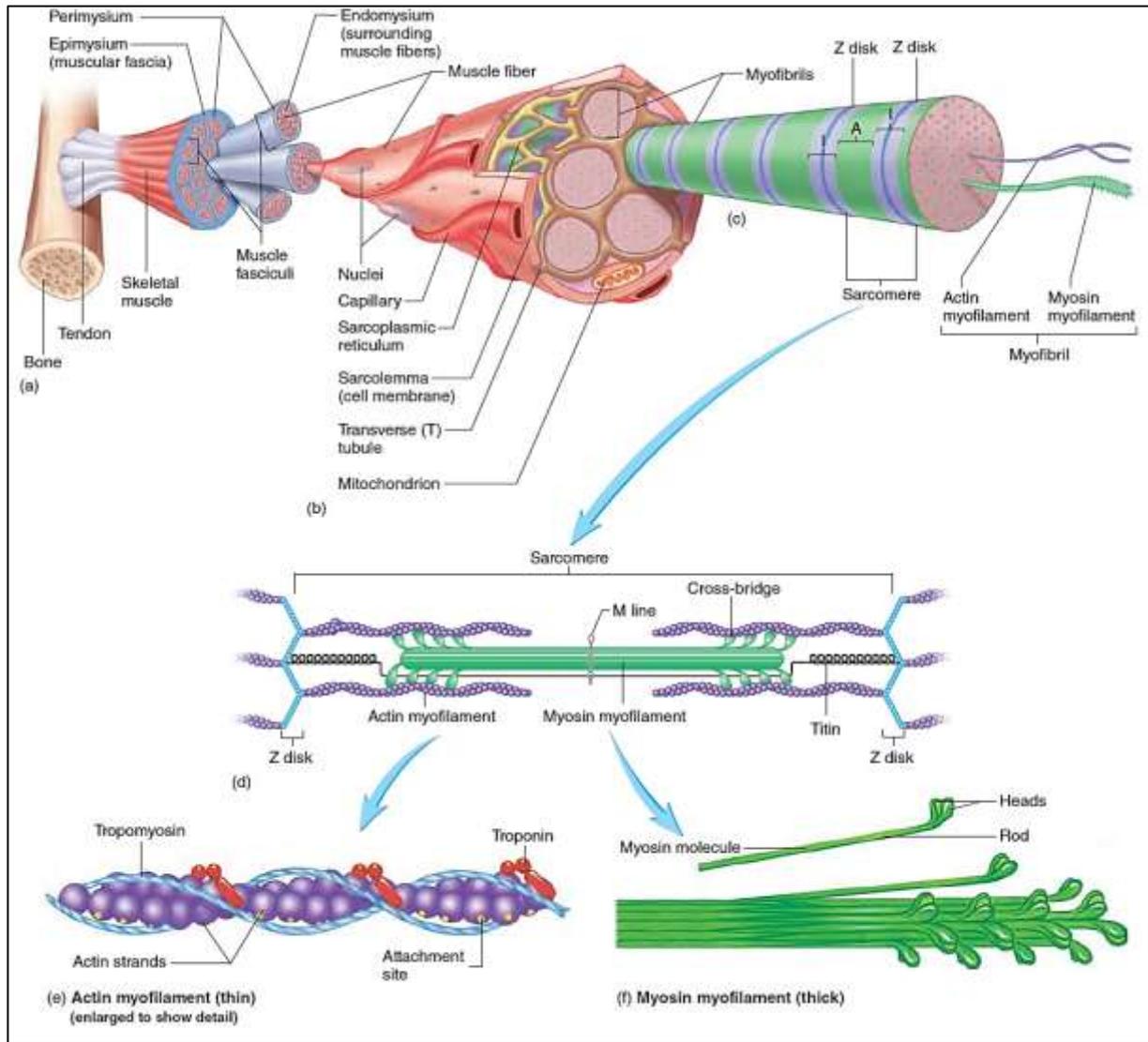
تتطلب قدرة الخيول على الحركة وأداء النشاط البدني أن تقوم العضلات الهيكلية بتوليد مخراجات طاقة عالية والحفاظ عليها (Votion et al., 2017). ترتبط القوة العضلية القصوى القابلة للإنتاج بالعديد من العوامل أهمها مساحة المقطع العرضي للعضلات وزاوية اندغام العضلة وعدد الألياف المكونة لها (Pallesen et al., 2023)، في حين إن القوة التي تنتجها العضلات الهيكلية هي نتاج الجهد التي تولده وكذلك السرعة التي تقصر بها (Kearns et al., 2002). وإن القوة والسرعة المحتملة للعضلة هي بدورها وظيفة للخصائص الفيزيولوجية والبيوكيميائية للألياف العضلية بالإضافة إلى ترتيب الألياف بالنسبة للعضلة بأكملها. علاوة على ذلك، فإن جهد قوة العضلة يتناسب مع عدد الألياف العضلية الموازية، ويتناسب جهد سرعتها مع عدد الألياف العضلية المتسلسلة. ولذلك، فإن حجم العضلات الحركية وكذلك الترتيبات المعمارية والمورفولوجية للعضلات لديها القدرة على ممارسة تأثير عميق على إمكانات قوة العضلات عند سرعات تقصير مختلفة وخاصة في سباقات السرعة (Takahashi et al., 2023; Kearns et al., 2002). وبشكل عام يُعتبر الجهاز العضلي الهيكل للخيول متكيف تشريحيًا بدرجة كبيرة على وجه الخصوص عند المقارنة مع الأنواع الأخرى، فهو يتمتع بكتلة عضلية كبيرة بالنسبة لوزن الجسم، ومخزون عضلي كبير من ركائز الطاقة، وحجم وعدد كبير من الميتوكوندريا، ونسبة عالية من ألياف العضلات النوع الأول مع سرعات تقصير أكبر مما هو متوقع لحيوان بهذا الحجم. مما يجعل من حركة الحصان مع كل هذه التكيفات فعالة للغاية (Rivero & Ruz., 2009; Piercy & Rivero., 2014). ومن المحتمل أن تعكس بعض هذه التكيفات العضلية التخصص الوظيفي بعد التربية الانتقائية للحيوانات من أجل قدرات التحمل والسباق والقفز (Kearns et al., 2002). يتطلب السباق والتدريب على السباق تكامل العديد من أجهزة الجسم المختلفة وذلك تحت سيطرة الجهاز العصبي، حيث تصل المستقبلات والأكسجين إلى ألياف العضلات الهيكلية عبر الجهاز التنفسي والقلب والأوعية الدموية والدم، بدورها تنتج الألياف العضلية الطاقة على شكل أدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP)، والذي يتم تحويله عبر آلية الانقباض إلى عمل ميكانيكي. يوفر الترتيب الهيكل للجهاز العضلي الوسائل التي يمكن من خلالها تسخير هذه الطاقة، إما لتحريك أطراف الحصان بنمط إيقاعي مميز لكل مشية، أو تمكين تقلص الحجاب الحاجز، مما يساهم بشكل كبير في جهد الشهيق. تُعتبر عضلات الخيول متجانسة إلى حد كبير، ويعكس التنوع والتخصص الوظيفي والمرونة التكيفية التي تمت دراستها على نطاق واسع على مدى الأربعين عاماً الماضية تلك الخصائص، وقد أدت خزعة العضلات على وجه الخصوص إلى فهم أكبر لاستجابة هذا النسيج للتمرين والتدريب (Klein et al., 2020; Piercy & Rivero., 2014).



ولفهم الآلية الفيزيولوجية لاستجابة العضلات أثناء السباق، لا بدّ من معرفة بنية وفوق بنية هذه العضلات ثم التعرف على أبرز مكوناتها، ومن ثم معرفة ركائز الطاقة اللازمة للنشاط العضلي وآلية استقلالها، والتفاعلات البيوكيميائية اللازمة لإنتاج نُظم ومسارات الطاقة ومساهمات تلك المسارات والأنظمة في السباق.

### ٣,١ . بنية العضلات الهيكلية: Skeletal Muscle Structure

تشكّل العضلات الهيكلية Skeletal Muscle والمعروفة أيضاً باسم العضلات الإرادية Voluntary Muscle أكثر من 53-57% من وزن الجسم عند الخيول والتي تخضع للجهاز العصبي المركزي (Rivero & Hill., 2016; Kearns et al., 2002) ويتكوّن أكثر من 90% من العضلة الهيكلية من مجموعة من الحزم العضلية Bundles of Muscles or Muscle Fasciculus، ويتكوّن الباقي من الأعصاب والأوعية الدموية والأنسجة الدهنية والضامة والدعامات الخلوية الأخرى مثل الكولاجين وغيرها، والتي تُفصل بين تراكيب العضلة الهيكلية حيث يُغطي الألياف العضلية الفردية Muscle Fibers نسيج ضام رخو شبكي يسمى غمد الليف العضلي Endomysium، ويُغطي الحزم العضلية حواجز رقيقة من نسيج ضام كثيف غير منتظم يسمى غمد الحزمة العضلية Perimysium، ويُغطي العضلة بأكملها نسيج ضام كثيف غير منتظم يسمى غمد العضلة Epimysium (Valberg., 2014; Cretoiu et al., 2022) كما في الشكل رقم (1-a). تتدمج هذه الأنسجة الضامة مع النسيج الضام للوتر الذي يربط العضلة بالوتر في منطقة الالتصاقات Myotenninous Junction التي تحدّد كلاً من منشأ ومندمغ أوتار العضلة (Parker, 2019). وتتكون كل حزمة ألياف عضلية Muscles Fibers Bundles من مجموعة من الألياف العضلية Muscle Fibers يتراوح عددها ما بين (5 إلى 100) ليف عضلي في العضلة الواحدة الشكل رقم (1-b) والليف العضلي عبارة عن خلايا أسطوانية ممدودة بنهايات مدببة Tapered ونوى متعددة ببيضاوية الشكل (Valentine, 2017; Kawai et al., 2019) الشكل رقم (1-c). توجد النوى تحت الغشاء البلازمي والمسمى الساركوليمما Sarcolemma وهو عبارة عن غشاء يتكوّن من طبقتين من الفسفوليبيدات ويتوضع مباشرة تحت النسيج الضام Endomysium، تحتوي الساركوبلازم (Sarcoplasm) هيولى الخلية العضلية على الجهاز المقلص Contractile Apparatus الشكل رقم (1-c)، والذي يتكون من بروتينات مُفصّلة وهيكلها الداعمة مجتمعاً معاً مُكوّنة للليفات العضلية Myofibrils (Hinchcliff & Geor., 2019; Cretoiu et al., 2022). تتكون اللبنة العضلية من سلاسل بروتينية صغيرة جداً لوحدات النقل العضلي تسمى القسيمات العضلية Sarcomere الشكل رقم (1-d) المسؤول عن الانقباض العضلي. تصطف الساركوميرات على طول اللبنة العضلي بشكل متعاقب، حيث يُظهر التعاقب بين الساركوميرات المناطق النيرة التي تسمى نطاق I band والتي تحوي على خيوط بروتينية رقيقة Thin Filaments، ومنطقة داكنة تسمى نطاق A band والتي تحوي على خيوط بروتينية سميكة Thick Filaments بالإضافة إلى الخيوط الرفيعة (Cretoiu et al., 2022; Church-). الشكل رقم (1-c) Huxley., 2023، حيث يتضمن كل قسيم عضلي على النطاق I على كل جانب من النطاق A، الشكل رقم (1-c)، هذه النطاقات تُعطي في مجملها الشكل المخطط للخلية العضلية الهيكلية (Cretoiu et al., 2022). ويُعرّف النطاق H على أنه المنطقة المركزية حيث لا تتداخل الخيوط السميكة مع الخيوط الرفيعة بينما يوجد في منتصف المنطقة النيرة خيط بروتيني يسمى Z line حيث تسمى المسافة بين كل خطي Z باسم Sarcomere، ويشأر إلى الجزء الأعظم المركزي من النطاق H ببروتين مركب يسمى نطاق M الشكل رقم (1-c,d) (Hinchcliff & Geor., 2019; Piercy & Rivero., 2014; Rivero & Piercy., 2008).



### الشكل رقم (1): يوضح بنية العضلات الهيكلية (Piercy & Rivero., 2014)

يحدث تقلص العضلات عندما تنزلق الخيوط العضلية الرفيعة داخل كل قسيم عضلي فوق الخيوط العضلية السميكة، مما يجعل الأقرص Z المجاورة تقترب من بعضها البعض، ومن ثم يقصر النطاق I ويبدأ النطاق H في الاختفاء الشكل رقم (1-d). (Klein., 2020; Piercy & Rivero., 2014). تحتوي الخيوط السميكة على بروتين الميوسين Myosin وبروتينات أخرى مرتبطة بالميوسين، الميوسينات الساركومية لها رأسان وذيل طويل وتتكون من سلسلتين ثقيلتين Myosin heavy chains وزوجين من السلاسل الخفيفة Myosin light chains على إحدى جانبي كل رأس الشكل رقم (1-f) (Cretoiu et al., 2022). رأس الميوسين هو المجال الحركي الذي يحتوي على موقع ربط ATP وموقع ربط الأكتين وإنزيم ATPase العضلي الليفاني Myofibrillar ATPase. (Banerjee et al., 2023; Cretoiu et al., 2022). المكونات الرئيسية للخيوط الرفيعة هي خيطان خيطيين حلزونيين من الأكتين (F-actin)، تتكون من بلورة مونومرات بروتينات الأكتين الفردية الكروية والتي تسمى (Globular Actin) (G-actin) وبروتينات أخرى مرتبطة بالأكتين هي نيبليون (Nebulin)، وتروبوميوسين (Tropomyosin) والذي يلتصق على بروتين الأكتين ووظيفته الفيزيولوجية هي حجب مواقع الارتباط الفعال (الموجودة على خيوط الأكتين) ببروتين الميوسين في حالة الراحة والتي لا تُكشف إلا بوجود شوارد الكالسيوم في حالة التقلص، ومركب

تروبونين (Troponin) البروتين المنظم لبروتين التروبوميوسين (يتكون من ثلاث وحدات فرعية: تروبونين سي Troponin C (TnC) الذي يربط شوارد الكالسيوم في التقلص العضلي، تروبونين تي Troponin T (TnT) الذي يرتبط بشدة مع التروبوميوسين، وتروبونين آي Troponin I (TnI) الذي يثبط ترابط الأكتين مع الميوسين (Piercy & Rivero., 2014; Cretoiu et al., 2022; Hoh., 2023). أثبتت الدراسات أنه لهذه البروتينات مؤشرات فيزيولوجية قوية تدل على تلف العضلات والقلب واحتشاء القلب والنوبات القلبية إذا تسربت إلى مجرى الدم خلال السباقات ذات الشدة العالية (Ayvazoglu et al., 2023). توجد الميتوكوندريا تحت الساركوليم (Sarcolemma) غمد الليف العضلي وبين الليفات العضلية (Piercy & Rivero., 2014)، تعني هذه العلاقة الحميمة أن ATP الذي يتم إنتاجه أثناء الفسفرة التأكسدية متاح بسهولة للآلية الانقباضية. يتم أيضاً تخزين ركائز عضلية، مثل الغليكوجين والدهون، بين الخيوط العضلية وتحت غشاء الليف العضلي الشكل رقم (1-b). يتم توزيع العديد من البروتينات الأخرى في جميع أنحاء السيتوبلازم، بما في ذلك الميوجلوبيين، والإنزيمات اللازمة لتحلل السكر، وخيوط وسيطة مختلفة (Hinchcliff & Geor., 2009; Piercy & Rivero., 2014). الشبكة الساركوبلازمية (SER) هي نظام غشائي داخل الخلايا يقع بين الليفات العضلية الشكل رقم (1-b)، تحتوي الشبكة الساركوبلازمية على كمية كبيرة من إنزيم  $(Ca^{+2}-ATPase)$ ، وبروتين كالكسيكويسترين the Protein Calsequestrin، وقناة إطلاق الكالسيوم ومستقبلات الريانودين أو RYR1 (Ryanodine Receptor or RYR1) (Woll & Van., 2022;). عند تقاطع النطاقين A-I للقسيم العضلي، تصبح أنابيب الشبكة الساركوبلازمية SR متكدسة وتشكل صهاريج طرفية موجهة بشكل عمودي إلى المحور الطويل للخلية. يتم فصل اثنين من الصهاريج المجاورة بواسطة هيكل غشائي يعرف باسم أنبوب T (النيبب المستعرض) الشكل رقم (1-b)، وهو انقلاب أنبوبي طويل من غمد الليف العضلي المتصل مباشرة بالفضاء خارج الخلية له دور في زوال الاستقطاب ويقوم بتمرير شوارد الكالسيوم إلى داخل الخلية العضلية. (Piercy & Rivero., 2014). الشبكة المنتفخين من الشبكة الساركوبلازمية والنيبب المستعرض تشكل ثلاثاً (Triad) الشكل رقم (1-b) وظيفته الفيزيولوجية الخلوية تكمن في إن شاردة Ca عندما تدخل إلى داخل الخلية تكون شاردة مُسممة للمتقدرات الحيوية، لذلك وجد هذا النظام من أجل أن تتحرك فيها شوارد Ca وتطرح من نيبب T دون أن تتخرب المتقدرات، وبالتالي فإن شوارد الكالسيوم لا تدخل إلى الخلية إلا عبر مسارات محددة، وبالتالي فإن هذا النظام من أجل تحديد حركة شوارد الكالسيوم وأداء الوظيفة دون أن تتخرب الخلية العضلية (Piercy & Rivero., 2014; Banerjee et al., 2023).

### ٢, ٣. أنواع الألياف العضلية: Types of Muscle Fibers

تقسم الألياف العضلية بشكل عام إلى نوعين: النوع الأول ألياف بطيئة الانقباض (Type I – Slow Twitch) وهي صغيرة الحجم، ويميزها البعض من ناحية اللون فيطلق عليها الألياف الحمراء Red Fibers لأنها تحتوي على كمية كبيرة من المتقدرات والميوجلوبيين والأوعية الدموية، الأمر الذي يكسبها اللون الأحمر، تتميز بقدرتها على إداء انقباضات عضلية متتالية بطيئة لفترات زمنية طويلة معتمدة على المسارات الهوائية في إنتاج الطاقة لذلك تسمى أيضاً بالألياف البطيئة المؤكسدة Slow Oxidative (SO) ولا تولد قوة عالية عند انقباضها، أي أنها ذات كفاءة عالية واقتصادية في استخدام المسارات الهوائية التي تعتمد على وجود الأوكسجين في إنتاج الطاقة وهذه الكفاءة تجعلها مقاومة للتعب العضلي Fatigue Resistant (Cretoiu et al., 2022; Klein., 2020). يُوظف الجسم عند الخيول هذا النوع من الألياف في سباق التحمل Endurance وحدث الثلاثة أيام والخبب Trotting (Rivero & Hill., 2016; Klein., 2020).

والنوع الثاني ألياف سريعة الانقباض (**Type II – Fast Twitch**) وهي أكبر حجماً مقارنةً بالألياف بطيئة الانقباض ويميزها البعض من ناحية اللون فيطلق عليها الألياف البيضاء **White Fibers** لأنها تحتوي على كمية قليلة من المتقدرات والميوجلوبيين والأوعية الدموية، الأمر الذي يكسبها اللون الفاتح، تتميزُ بقدرتها على أداء انقباضات عضلية متتالية سريعة لفترات زمنية قصيرة معتمدةً على المسارات الهوائية واللاهوائية في إنتاج الطاقة، وتُولدُ قوةً عاليةً عند انقباضها حيث لديها القدرة على توليد طاقة سريعة جداً لأنها تعتمد بشكل رئيس على المسارات اللاهوائية **Anaerobic Pathway**، بالمقابل فهي تتعب بسرعة **Fast Fatigue** لأنها غير كفؤة في استخدام الأوكسجين من المسارات الهوائية (Cretoiu et al., 2022). يُوظفُ الجسم عند الخيول هذا النوع من الألياف في سباق السرعة **Racing** ومسابقات قفز الحواجز (Yamano et al., 2016). تحتوي كل العضلات على هذين النوعين من الألياف، إلا أن نسبةً كلاً منهما في النسيج العضلي تختلف من عضلة لأخرى (Kawai et al., 2019)، كما تنقسم الألياف العضلية من النوع الثاني إلى نوعين وهما ألياف النوع الثاني **IIa** أو ما يسمى الألياف السريعة المحللة للسكر بالفسفرة التأكسدية **(FOG) Fast Oxidative Glycolytic** وألياف النوع الثاني **IIx** أو **IIb** أو ما يسمى الألياف السريعة المحللة للسكر **(FG) Fast Glycolytic** (Vermeulen et al., 2017).

### والجدول رقم (1): يوضح أهم الفروقات بين الأنواع الثلاثة من الألياف العضلية

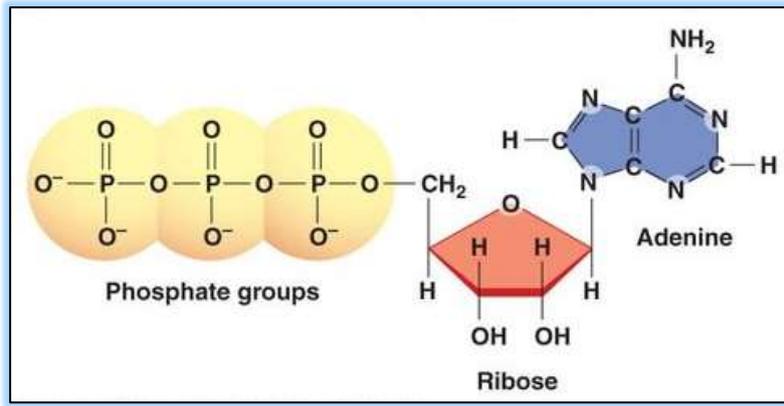
الفروقات الرئيسة بين الأنواع الثلاثة من الألياف العضلية			
ألياف النوع الثاني <b>IIx</b>	ألياف النوع الثاني <b>IIa</b>	الألياف بطيئة الانقباض	الخصائص
عالية	متوسطة	منخفضة	القدرة على توليد القوة
سريعة	سريعة	بطيئة	سرعة الانقباض
منخفضة	متوسطة	عالية	مقاومة التعب
منخفضة	متوسطة	عالية	القدرة على استخدام المسارات الهوائية
عالية	عالية	منخفضة	القدرة على استخدام المسارات اللاهوائية
الأدينوزين ثلاثي الفوسفات والفسفوكرياتين والجليكوجين	الفسفوكرياتين والجليكوجين	الدهون	المصدر الرئيس للطاقة
منخفضة	متوسطة	عالية	كثافة الأوعية الدموية
منخفضة	متوسطة	عالية	كثافة المتقدرات
منخفضة	متوسطة	عالية	القدرة على التحمل
تمارين قصيرة عالية الشدة (أقل من دقيقتين)	تمارين قصيرة عالية الشدة (أقل من خمسة دقائق)	تمارين طويلة منخفضة الشدة	نوع النشاطات
سباق سرعة 1200 متر	سباق سرعة 2000 متر	سباق التحمل، الهرولة والخبب	أمثلة عن النشاطات الرياضية

### ٣,٣. أنظمة إنتاج الطاقة لوظائف العضلات: Energy Provision For Muscular Functions

على الرغم من الحاجة إلى سمات فيزيولوجية وسلوكية مختلفة لأنواع الخيول الرياضية المختلفة أثناء المنافسات، فإن السباق الناجح يعتمد بشكل أساسي على قدرة عضلات الخيول الاستقلابية في تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية - من أجل وظيفة العضلات. تشمل مكونات هذه العمليات النشطة في تحويلات الطاقة أثناء المنافسات معدل وكفاءة وتفاعلات الاستقلاب الهوائي واللاهوائي في العضلات وسرعة تزويدها وفاعلية استخدام الركائز في إنتاج الطاقة. حيث أنه في الأعمال اللاهوائية مثل السباقات عالية الشدة قصيرة المدة، يمكن اعتبار عمليات التعب العضلي المعقدة إلى حد كبير على أنها دلالة وظيفية لاستنفاد الوقود العضلي (الفوسفوجين)، وذلك على الرغم من حقيقة أن الركائز يتم توفيرها عبر الدورة الدموية. تكمن وراء هذه العمليات الحيوية في تحويلات الطاقة الفيزيولوجية لنظام القلب والأوعية الدموية والبنية التحتية الدقيقة والكيمياء الحيوية للعضلات. تم اقتراح نموذج يعتمد بموجبه التنبؤ بأداء الخيول بالكامل على معايير استقلاب الطاقة، حيث توجد ثلاثة أنظمة استقلابية مهمة جداً لفهم حدود الفعاليات الفيزيولوجية التي تتم في الجهاز العضلي الهيكلي وهذه الأنظمة هي:

#### ٣,٣,١ نظام الفوسفاجين: Phosphagen System

يشمل نظام الفوسفاجين الأدينوزين ثلاثي فوسفات (ATP) والذي يعد المصدر الأساسي للطاقة وهو عبارة عن نكليوتيد تخزن فيه الطاقة على شكل رابطتين غنيتين بالطاقة، يتكون من القاعدة النتروجينية أدينين تكون هذه القاعدة مرتبطة بسكر

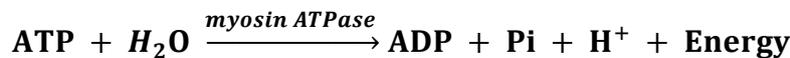


الراببوز مشكلين معاً الأدينوزين، والذي يرتبط بدوره بثلاث مجموعات فوسفاتية والتي تسمى مجموعة الفوسفوريل، الشكل رقم (2) حيث أن هذه المجموعات ترتبط ببعضها البعض بواسطة رابطتين تتسمان بأنهما عاليتا الطاقة تسمى بروابط الفسفوانهيدريد (Guyton & Hall., 2017).

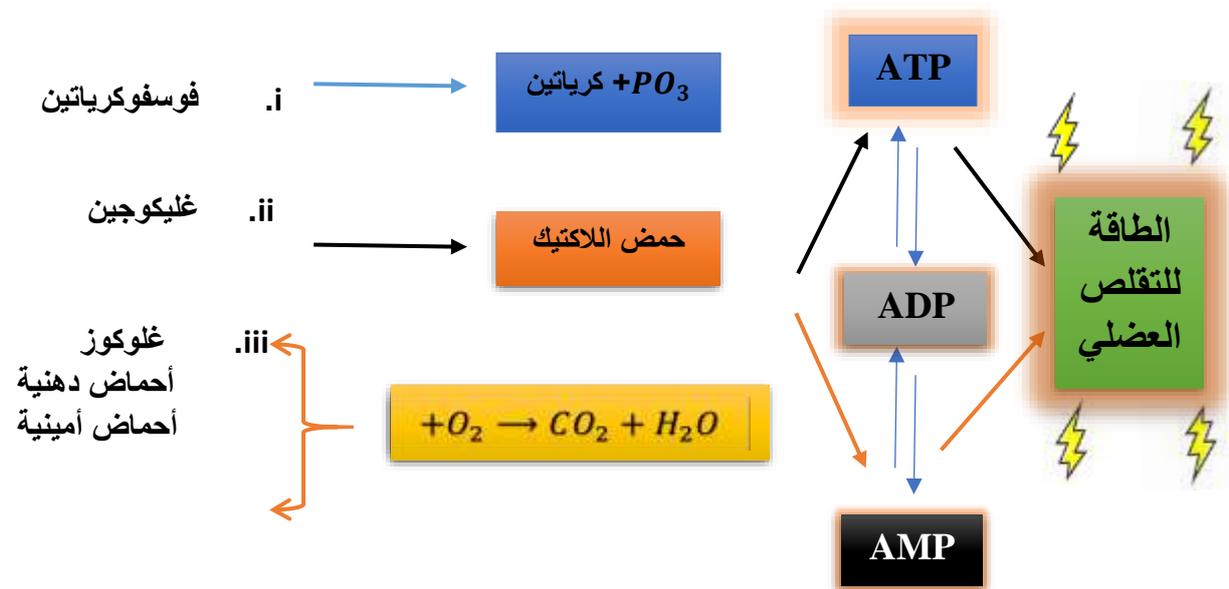
#### الشكل رقم (2): يوضح البنية الكيميائية للأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP)

حيث أن الرابطتان اللتان توصلان الجذرين الأخيرين للفوسفات هما رابطتين فوسفين عاليتا الطاقة وتخزن

كل من هاتين الرابطتين (7300) كالوري في كل مول من الـ ATP تحت الظروف القياسية، وبالتالي فإن المصدر المباشر للطاقة لتقلص العضلات هو ATP، الذي يخزن الطاقة والتي يتم الحصول عليها من ركائز الطاقة (Hall & Hall., 2020). وبالتالي أثناء حدوث التقلص العضلي يتم عند رأس كل جزيء ميوسين تحلل جزيء ATP مائياً، مما يؤدي إلى إطلاق الطاقة (E) في تفاعل يحفز إنزيم الأكتوميوسين (actomyosin ATPase) (Pertici et al., 2023).



يتم استخدام الطاقة المنبعثة مباشرةً بواسطة آلية الانقباض العضلي في الدورة التقلصية Contraction Cycle ومع ذلك، فإن تركيز ATP في العضلات الهيكلية للخيول محدود للغاية (4-6 مليمول لكل كيلوغرام [مليمول / كغ] عضلة رطبة) ولا تساهم إلا قليلاً في إجمالي إمداد الطاقة (Lindholm, & Piehl., 1974; McMiken, 1983; Queeno et al., 2023). وهذا يعني إن كمية ATP الموجودة في العضلة حتى في العضلات الرياضية المدربة بشكل جيد لا تكفي لإدامة القدرة العضلية القصوى إلا لحوالي (1-2) ثانية فقط ويمكن أن تكون كافية لجريان 25 متر فقط كحد أقصى في الخيول المدربة (Hall & Hall., 2020; McMiken, 1983) وفي كل بضعة ثواني من الضروري أن يتولد ATP جديد باستمرار، حتى أثناء إجراءات السباقات الرياضية القصيرة. وإذا استمر تقلص العضلات لأكثر من ثانية أو ثانيتين، فيجب إعادة تصنيع ATP من جديد، حيث يتم تحقيق تجديد ATP من خلال عمليتين متميزتين وفي ظل الظروف اللاهوائية:



**الشكل رقم (3): النظام الاستقلابي العام:** مظهراً تفكك الـ (ATP) أولاً إلى (ADP) ثم إلى (AMP) لتحرير الطاقة اللازمة للتقلص العضلي وقد ظهرت إلى يسار الشكل الأنظمة الاستقلابية الثلاثة المختلفة المسؤولة عن إعادة إمداد تجهيز مستمر لثلاثي فوسفات الأدينوزين في الألياف العضلية.

## أ. تحرير الطاقة من الفوسفوكرياتين: (PC-ATP) Release of Energy from Phosphocreatine

ويسمى أيضاً كرياتين الفوسفات، وهو مركب كيميائي آخر ذو رابطة فوسفاتية عالية الطاقة والذي وله الصيغة التالية:  $Cr \sim Po_3^-$  الذي يمكن أن يتحلل إلى كرياتين و أيون الفوسفات، كما هو مبين على يسار الشكل رقم (3) وعند تحلله يُحرر كميات كبيرة من الطاقة وذلك وفق تفاعل Lohmann العكوس (Rall., 2023) الذي يُحفز بأنزيم الكرياتين كايغاز (CK) الشكل رقم (4)، حيث يصف التفاعل المسار الأساسي لنظام CK / PCr على النحو التالي:

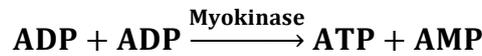


إنّ الطاقة الموجودة في الرابطة الفوسفاتية في الفوسفوكرياتين أعلى من الطاقة الموجودة في الرابطة الفوسفاتية الموجودة في الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP وتقدر بـ (10300) كالوري في المول الواحد، ولهذا يمكن للفوسفوكرياتين أن يُجهز بسهولة كمية كافية من الطاقة لإعادة تركيب الرابطة العالية الطاقة لـ ATP، وإحدى الخواص الخاصة لتحويل الطاقة من الفوسفوكرياتين إلى ATP هي إنها تتم خلال جزء من الثانية (Hall & Hall., 2020). وإنّ كل الطاقة المخزونة في الفوسفوكرياتين تكون متوفرة فوراً للتقلص العضلي تماماً مثل الطاقة المخزونة في الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (Rall., 2023).

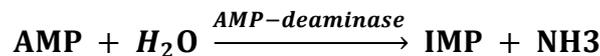
وتسمى الكميات المتحدة من ATP الخلايا وفوسفوكرياتين الخلايا بنظام الفوسفاجين للطاقة (Phosphagen Energy System) (Hall & Hall., 2020). في العضلة الألية المتوسطة لفصيلة ستاندرد بريد يقدر تركيز الفوسفوكرياتين CP بحوالي (15-20) مليمول/كجم من العضلات الرطبة (Lindholm., 1979; Queeno et al., 2023). هذا المصدر لتجديد الـ ATP سيدعم تمارين القوة القصوى (الاندفاعات القصوية) لمدة لا تزيد عن بضع ثوان (Clayton., 2019; Gerard et al., 2014). حيث يمكن لهذا النظام أن يوفر قدرة عضلية قصوى لمدة (8-10) ثواني، وهي كافية لجريان (100) متر كحد أقصى في الخيول المدربة ولهذا فإنّ الطاقة المتحررة من نظام الفوسفاجين تستعمل للاندفاعات القصوية السريعة والقصيرة لقدرة العضلة (Gerard et al., 2014; Hall & Hall., 2020).

## ب. تحرير الطاقة من تفاعل الميوكيناز: Release of Energy from Myokinase Reaction

يُحفز إنزيم الميوكيناز تخليق ATP والأدينوزين أحادي الفوسفات AMP من جزيئي ADP كما في الشكل رقم (4) وفق التفاعل الموضح أدناه:



في حالة الراحة يستمر هذا التفاعل بمعدلٍ متساوٍ تقريباً في كلا الاتجاهين مع إنتاج القليل من الـ ATP الصافي، وأثناء السباقات عالية الشدة مثل سباقات السرعة وفي العضلات العاملة بشدة يقلل AMP-deaminase من تركيز AMP عن طريق حلمته لينتج أحادي فوسفات الأيونوزين IMP والأمونيا (Hancock et al., 2016; Clark., 2017).



مما يؤدي إلى توفير القوة الدافعة لتفاعل Myokinase تجاه إنتاج ATP مرة أخرى (McMiken., 1983). هذا المسار لديه فقط قدرات توفير كميات صغيرة من ATP تحدث هذه التفاعلات في العضلات النشطة بسرعات قصوى الشكل رقم

(4)، ولكنها توفر فقط كمية صغيرة من ATP لبضع ثوان، حيث يؤدي نزع الأمين من نيوكليوتيدات الأدينوزين إلى إنتاج الأمونيا (NH<sub>3</sub>) وحمض البوليك والألاننتون (Gerard et al., 2014; Hancock et al., 2016).

### ٣,٣,٢ نظام الغليكوجين-حمض اللاكتيك Glycogen-Lactic Acid Systems (الفسفرة اللاهوائية):

يبدأ هذا النظام بتحليل السكر اللاهوائي Glycolysis سواءً من الغليكوجين المخزن في العضلات أو الجلوكوز الواصل عن طريق الدورة الدموية، وينشط عندما لا يتم استيفاء إعادة تخليق ATP بالكامل بواسطة تفاعلات الفوسفوكرياتين أو الميوكيناز الشكل رقم (4)، حيث أنه أثناء السباق يجب أن تظل الإمدادات السريعة من ATP متاحة (Hall & Hall., 2020). تحدث مسارات الفسفرة اللاهوائية فقط في سيتوبلازم الخلية العضلية وهي تتم بصورة تامة بغياب الأوكسجين ولهذا تسمى الأكسدة أو الفسفرة اللاهوائية Anaerobic Phosphorylation، أو الاستقلاب اللاهوائي Anaerobic Metabolism، مع عدم وجود تفاعلات في الميتوكوندريا كما هو الحال مع الفسفرة الهوائية (Hall & Hall., 2020; Barclay & Curtin., 2023). في بداية السباق تزداد أهمية الكربوهيدرات وخاصة الغليكوجين المخزن في العضلات كركيزة لإنتاج الطاقة مع زيادة كثافة السباق والنشاط العضلي (Martin et al., 2023; Klein., 2020). يتضمن المسار اللاهوائي الثاني تحلل السكر الذي يعمل بشكل مستقل عن المسارات المؤكسدة، حيث يتم نقل الجلوكوز في الدم عبر غمد الليف (الساكوليم) عن طريق ناقلات الجلوكوز المحددة التي تشمل GLUT-1 و GLUT-4 (Lacombe., 2014). تنقل مستقبلات GLUT-4 الجلوكوز عبر غمد الليف العضلي (الساكوليم) إلى الساكوليم استجابةً لهرمون الأنسولين أو متطلبات التمرين التي تحث على ذلك (Vidal Moreno et al., 2023) الشكل رقم (4). ينتشر الجلوكوز في سيتوبلازم الخلية العضلية (الساكوليم) من الدورة الدموية ويُفسر إلى جلوكوز - 6 - فوسفات (G-6-P) في تفاعل يحفز إنزيم هيكسوكيناز (HK) ويتطلب ذلك جزيء ATP واحد، ولا بد من الإشارة إلى إنه يتطلب مسار تحلل السكر الجلوكوز-6-فوسفات كركيزة أساسية لبدء المسار، والتي يمكن اشتقاقها كما ذكرنا من فسفرة الجلوكوز بواسطة هكسوكيناز أو عن طريق تعبئة الغليكوجين المخزن داخل الخلايا الذي يتم استقلابه أولاً إلى الجلوكوز-1- فوسفات (G-1-P) عن طريق تحلل الغليكوجين (Gerard et al., 2014; Piercy & Rivero., 2014). يتم بعد ذلك نقل (G-6-P) إلى مسار تحلل السكر Glycolytic Pathway لإنتاج الطاقة الفوري أثناء النشاط العضلي أو تحويله بشكل عكسي إلى الجلوكوز-1- فوسفات (G-1-P) ثم الغليكوجين للتخزين في حالة الراحة (Spriet, 2022). حيث توفر مخازن الغليكوجين معظم الجلوكوز المطلوب لإنتاج الطاقة أثناء السباقات عالية الشدة (Valberg et al., 2023). وفي مسار التحلل السكري Glycolytic Pathway، يُعطي جزيء واحد من الجلوكوز أو الغليكوجين جزيئين من البيروفات وأن التفاعل الصافي لمسار التحلل السكري باستخدام الجلوكوز هو:

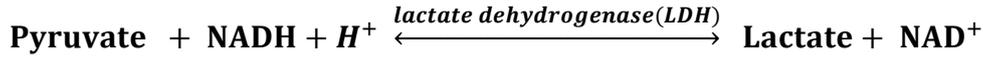


والتفاعل الصافي لمسار التحلل السكري باستخدام الغليكوجين هو:



وإن النتيجة الطاقوية الصافية لتحلل السكر اللاهوائي هي إنتاج ثلاثة جزيئات من ATP من جزيء واحد من الغليكوجين أو جزيئين من ATP من جزيء واحد من الجلوكوز. هذا الشكل من إنتاج الطاقة سريع نسبياً مقارنةً بالتحلل الهوائي ولكنه ينتج كمية أقل بكثير من ATP، والركائز محدودة. ولكن عند عدم توافر الأوكسجين للمرحلة الثانية (مرحلة الأكسدة الهوائية) من

استقلاب الجلوكوز، يقبل البيروفات ذرات الهيدروجين من NADH ويتم تحويله إلى لكتات Lactate، بدلاً من تحويله إلى أسيتيل مرافق الأنزيم - أ (acetyl Co-A) والدخول في دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل (TCA) (Gerard et al., 2014; Piercy & Rivero., 2014). يتم تحفيز التفاعل عن طريق نازعة هيدروجين اللاكتات Lactate Dehydrogenase (LDH)، وإن تجديد  $NAD^+$  أثناء اختزال البيروفات إلى اللاكتات يُحافظ على تحلل السكر في ظل الظروف اللاهوائية الشكل رقم (4). ولهذا يتحول معظم غليكوجين العضل إلى حمض اللاكتيك، حيث تنتج الكميات اللازمة للتقلص العضلي من ATP بغياب تام للأوكسجين (Hall & Hall., 2020; Ohmura et al., 2021). وذلك وفق التفاعل التالي:



وإحدى الخواص الأخرى لنظام الغليكوجين-حمض اللاكتيك هي أنه يتمكن من تكوين جزيئات ATP بسرعة تقارب (2.5) ضعف سرعة آلية الأكسدة الهوائية في المتقدرات. ولهذا عندما تدعو الحاجة إلى كميات كبيرة من الـ ATP لفترات قصيرة أو معتدلة من التقلص العضلي يمكن أن تستعمل آلية تحلل السكر اللاهوائي كمصدر سريع للطاقة، وهو ليس سريعاً بسرعة نظام الفوسفاجين لكنه بنصف سرعته تقريباً (Ohmura et al., 2021). يمكن أن يوفر نظام الغليكوجين-حمض اللاكتيك في الظروف المثلى فعالية عضلية قصوية لفترة تدوم (1.3-1.6) دقيقة، بالرغم من تناقص القدرة العضلية تدريجياً بسبب تراكم حمض اللاكتيك (Hall & Hall., 2020).

### ٣,٣,٣ نظام الأكسدة الهوائية: Aerobic Metabolism

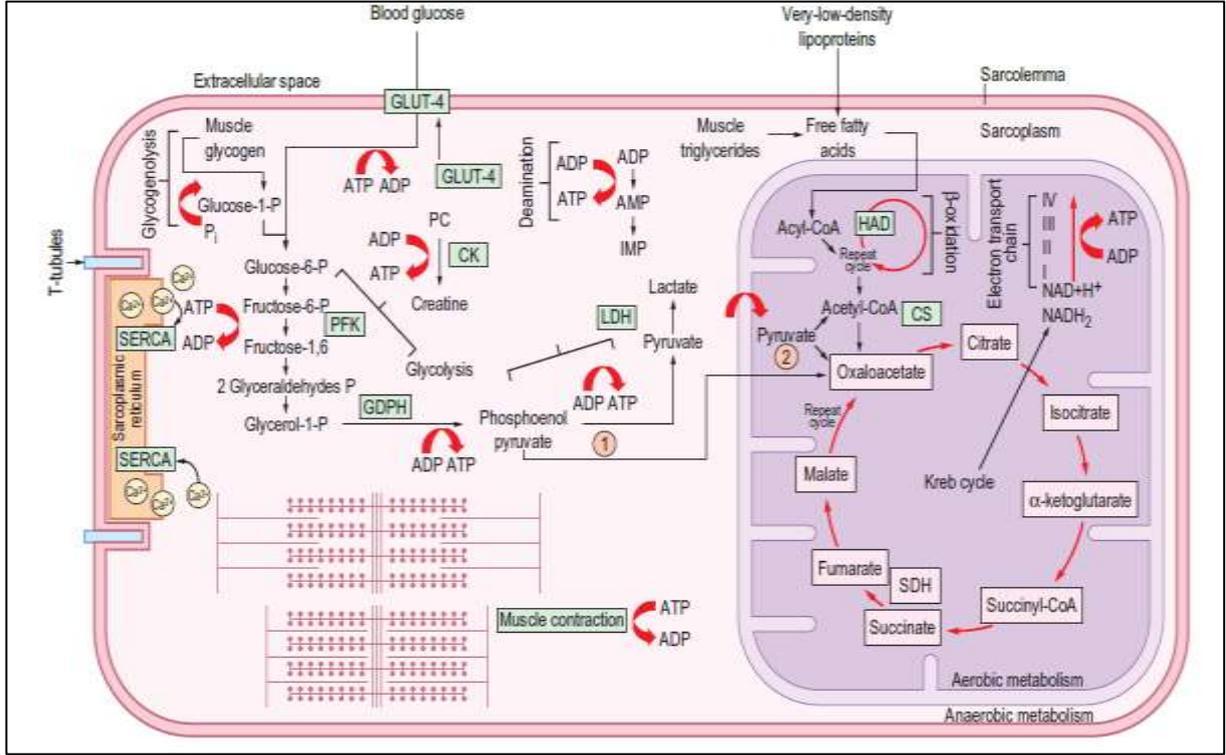
يعني أكسدة المواد الغذائية في المتقدرات لتوفير الطاقة وذلك بوجود الأوكسجين. وهذا يعني كما هو مبين بالشكل رقم (4-3) أن الجلوكوز والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية في الغذاء تتحد - بعد بضع عمليات وسطية - مع الأوكسجين فتتحرر كميات من الطاقة التي تُستعمل لتحويل AMP وADP إلى ATP (Ohmura et al., 2021; Hinchcliff., 2014). وعند مقارنة نظام الأكسدة الهوائية مع نظام الغليكوجين-حمض اللاكتيك ونظام الفوسفاجين. نجد أن السرعة القصوية النسبية لتوليد القدرة العضلية بدلالة توليد ATP في الدقيقة كما يلي:

نظام الفوسفاجين (4) - نظام الغليكوجين-حمض اللاكتيك (2.5) - نظام الأكسدة الهوائية (1)

ومن ناحية أخرى نجد القيم النسبية التالية للفترة الزمنية لإنتاج الـ ATP عند مقارنة أنظمة التحمل العضلي خلال زمن السباق:

نظام الفوسفاجين (8-10) ثواني - نظام الغليكوجين - حمض اللاكتيك (1.3-1.6) دقيقة - نظام الأكسدة الهوائية الذي يدوم مادامت مصادر الطاقة (Hall & Hall., 2020).

نستنتج مما سبق بأن نظام الفوسفاجين هو الذي تستعمله العضلات للدفاعات والقدرة العضلية لبضع ثواني وتدعو الحاجة إلى نظام الأكسدة الهوائية للفعاليات الرياضية طويلة المدى ويُستعمل نظام الغليكوجين-حمض اللاكتيك بين الحالتين وهذا مهم بصورة خاصة لإعطاء قدرة إضافية أثناء السباقات المتوسطة مثل سباق (200-800) متر (Hall & Hall., 2020; Gerard et al., 2014; Piercy & Rivero., 2014).



**الشكل رقم (4): الترابط بين آلية التقلص العضلي ومسارات استقلاب الطاقة (Votion et al., 2017)**

توضيح أعمق للشكل رقم (4): يؤدي جهد الفعل إلى قيام الشبكة الساركوبلازمية بإطلاق كميات كبيرة من أيونات الكالسيوم  $Ca^{+2}$  التي تمكن من تقلص العضلات. عندما يتوقف تحفيز العضلات، تقوم الشبكة الساركوبلازمية بواسطة  $Ca^{+2}$  - ATPase بإعادة الكالسيوم مرة أخرى إلى داخل الشبكة الساركوبلازمية. هناك عدة مسارات لتخليق أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP)، والتي يمكن تقسيمها بشكل مبسط إلى مسارات لاهوائية وهوائية. يحدث المسار اللاهوائي في السيتوبلازما ويتضمن نظام الفوسفاجين من خلال اقتران الفوسفوكرياتين (PC) بثنائي فوسفات الأدينوزين (ADP) بواسطة كيناز الكرياتين (CK)، وتفاعل الميوكيناز حيث يتم نزع الأمين من نيوكليوتيدات الأدينوزين لتكوين أدينوزين أحادي الفوسفات (AMP) وأحادي فوسفات الأدينوزين (IMP)، ومسار تحلل السكر اللاهوائي سواءً من الجلوكوز الواصل عن طريق الدم أو من الغليكوجين المخزن في العضلات. يعتبر نشاط PFK كمؤشر على القدرة على الاستقلاب اللاهوائي. يعتبر فحص GDPH بمثابة مقياس لقدرة تحلل السكر في الخلية العضلية. تزداد نسبة الجلوكوز في الدم ويعبر غمد الليف العضلي استجابة للسباق، والذي يتم نقله من سطح الخلية إلى داخل الخلايا عبر ناقل الجلوكوز من النوع (GLUT-4). يتضمن المسار الهوائي العديد من العمليات في الميتوكوندريا: وتشمل أكسدة الأحماض الدهنية الحرة، ودورة كريبس، وسلسلة نقل الإلكترون. يعتبر نشاط (HAD) (3-OH-acyl-CoA dehydrogenase) بمثابة مقياس لقدرة أكسدة الدهون، ونشاط سينسيز السترات (CS) كمؤشر على نشاط دورة كريبس ونشاط ديهيدروجيناز السكسينات (SDH) مقياس لقدرة التأكسدية للخلية العضلية. قد يدخل البيروفات الناتج عن تحلل السكر في العصارة الخلوية إلى دورة كريبس، أو في حالة عدم وجود الأكسجين، يتم تحويله إلى اللاكتات بواسطة اللاكتات ديهيدروجيناز (LDH). يعتبر نشاط LDH بمثابة مقياس لقدرة الاستقلاب اللاهوائي. يتم استخدام الأشكال المختزلة من ثنائي نوكليوثيد النيكوتيناميد الأدينين ( $NADH + H^+$ ) والفلافين ثنائي نوكليوثيد ( $FADH_2$ ) التي يتم إنتاجها أثناء تحلل السكر ودورة كريبس بواسطة سلسلة نقل الإلكترون لتجديد ATP.

الجدول رقم (2): يلخص وصف أنظمة الطاقة الثلاثة اللازمة للتقلص العضلي

المسارات الهوائية Aerobic Pathway	المسارات اللاهوائية Anaerobic Pathway	نظام الفوسفاجين Phosphagen System	الخصائص Characteristic
الجليكوجين والغلوكوز و الدهون والبروتينات	الجليكوجين المخزن في العضلات والغلوكوز في الدم	ATP المتاح والفوسفوكرياتين	مصادر الطاقة
CS, MDH, SDH, others	HK, PFK, LDH, PDH, others	ATPase	أهم الأنزيمات المستخدمة لتحرير الطاقة
Type I, Type IIa, منخفضة إلى متوسطة	Type I, Type IIa, Type IIb متوسطة إلى مرتفعة	Type I, Type IIa, Type IIb مرتفعة	أنماط الألياف المستخدمة متطلبات إنتاج الطاقة
CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	حمض اللاكتيك وشوارد الهيدروجين H <sup>+</sup>	ADP, IMP, P <sub>i</sub>	نواتج استقلاب المسار
1	1.6	3.6	أقصى معدل لإنتاج ATP (مليمول / دقيقة)
3-2 دقيقة	10-5 ثانية	1 ثانية	الوقت الأقصى للبدء بإنتاج ATP
3-2 دقيقة	40-20 ثانية	10-6 ثواني	المدة القصوى التي يستمر فيها إنتاج ATP
يديم مادامت مصادر الطاقة	90-45 ثانية	15-12 ثانية	الوقت الأقصى لاستنفاد مصادر الطاقة في المسار
نضوب مخازن ومصادر الكربوهيدرات بالدرجة الأولى والدين الأوكسجيني و ارتفاع درجة الحرارة	نضوب مخازن الغليكوجين وتراكم حمض اللاكتيك وشوارد الهيدروجين	نضوب مخازن ATP والفسفوكرياتين وتراكم نواتج الاستقلاب	العوامل التي تعيق الأداء في المسار
60-30 دقيقة	2-1 ساعة	3 دقائق	الوقت اللازم لتعبئة المخازن
%10	%86	%4	النسبة المئوية لمساهمة المسار عند خيول السباق خلال دقيقتين*

تم الاقتباس من عدة مراجع لتوثيق وضبط الجدول ( Ozalp., 2023; Hall & Hall., 2020; Votion et al., 2017; )  
(Piercy& Rivero., 2014)

### ٣,٤. مساهمات مسارات الطاقة عند الخيول أثناء السباق: Energy Pathway Contributions in the Horses during the Race

أثناء السباق يعتبر إنتاج الطاقة من المسارات الهوائية Aerobic Pathways عملية بطيئة نسبياً ولكنها عالية الكفاءة، بينما تنتج المسارات اللاهوائية Anaerobic Pathways الطاقة بسرعة ولكن بشكل غير فعال نسبياً. على الرغم من أن كلا المسارين يكونان نشطين بشكل عام أثناء السباق، إلا أنه هناك طرق مُعقدة لتنظيم مسارات الاستقلاب لإنتاج الطاقة اللازمة لتقلص العضلات، هذه الطرق تتحكم في مدخلات كل مسارٍ إلا أن المساهمة النسبية في كل مسار داخل كل عضلة تعتمد بشكل خاص على طبيعة النشاط ومستوى شدته Nature Intensity Level ومدة النشاط Duration of the Activity وبنية وتركيب ألياف العضلات Fiber-Type Composition وتوافر الأوكسجين Availability of Oxygen والركائز Substrates والتركيزات النسبية للمستقلبات الوسيطة التي قد تنشأ أو تمنع إنزيمات مختارة وتركيزات المنتج النهائي وآليات التغذية المرتدة المختلفة في ديناميكيات المسار (Votion et al., 2017).

ويجب التأكيد على أنه لا يوجد أي شكل من أشكال السباق التي يقوم بها الحصان هو هوائي أو لاهوائي بطبيعته (Williams., 2023). في بداية السباق يكون المصدر المباشر للطاقة هو ATP المتاح في الخلية العضلية، كما لوحظ سابقاً فإن كمية الـ ATP محدودة وتتضرب بسرعة، لذلك لكي يستمر السباق يجب تجديد ATP بمسارات كيميائية أخرى، ومنها مسار الفوسفوكرياتين المصدر التالي المتاح بسرعة لتكوين الطاقة ATP، ومع ذلك فإن إمداد الطاقة من هذا المسار محدودة وتتضرب بسرعة (Lindholm, & Piehl., 1974; McMiken, 1983; Queeno et al., 2023). ويوفر تفاعل Myokinase وسيلة أخرى لتجديد الطاقة ATP، ولكنه يقتصر على أنواع معينة من ألياف العضلات وخاصة في الألياف ذات الكفاءة العالية لاستخدام المسارات اللاهوائية (ألياف النوع الثاني) (Savabi., 1994)، وبشكل عام يُعتقد أن تفاعل الميوكيناز له دور ثانوي في إنتاج الطاقة. مع استمرار النشاط العضلي تمثل المسارات الهوائية أكثر الوسائل فعالية لتجديد الطاقة ATP، ومع ذلك فهو أبداً مسار للاستجابة الفيزيولوجية لمتطلبات السباق، بسبب تأخر القلب والأوعية الدموية في إمداد الخلايا العضلية بالأوكسجين والتفاعلات البيوكيميائية المعقدة لإتمام المسار (Ohmura et al., 2021; Ohmura et al., 2020)، حيث أنه في خيول السباق المتكيفة فيزيولوجياً يمكن أن يكون الوقت اللازم للوصول إلى ذروة إنتاج الطاقة عبر المسارات الهوائية المؤكسدة يصل إلى 2 دقيقة، وأثناء الراحة وأثناء التمرين منخفض الشدة (المشي والهرولة)، توفر المسارات الهوائية معظم متطلبات الطاقة، بينما يوفر مسار تحلل السكر اللاهوائي مع إنتاج البيروفات واللاكتات المصدر الرئيسي المستمر للطاقة ATP ويصل إلى ذروة إنتاج الطاقة في غضون حوالي 10 ثانية من بداية السباق، (Williams., 2023) حيث تسمح المخازن الكبيرة من الغليكوجين في عضلات الخيول لهذا المسار بتوفير مصدر ثابت ومبكر للطاقة، ولكن هذه المخازن تتضرب مع زيادة كثافة السباق وتؤدي إلى التعب العضلي (Gerard et al., 2014; Piercy & Rivero., 2014).

#### ٤. التعب العضلي عند خيول السباق: Muscles Fatigue in Racehorses

تحظى رياضات الفروسية باهتمامٍ علمي وعالمي مُتزايد وخاصةً عندما يتعلق الأمر برفاهية الخيول أثناء المنافسات الرياضية. ولذلك، فإنّ توفير المزيد من المعرفة العلمية والشفافية بتوفير النتائج العلمية من الأبحاث المختصة فيما يتعلق بالمتطلبات البدنية والاستجابات والتكيفات الفيزيولوجية والكيمياء الحيوية للخيول أمراً بالغ الأهمية. وفي هذا الصدد، يمكن اعتبار ظاهرة التعب العضلي أحد العناصر الحاسمة المقيدة لأداء الخيول ورفاهيتها. عموماً أثناء التدريب والمنافسة، غالباً تصل الخيول إلى مستوى معين من التعب. حيث تُؤثر ممارسة الأنشطة الرياضية بعد مستويات معينة من التعب على الأداء الرياضي للخيول يمكن تمييزها بعدة مظاهر عيانية وذلك من خلال انخفاض التنسيق العضلي في حركة القوائم الأمامية والخلفية حيث تزداد مدة الخطوة ونقل السرعة وكذلك انخفاض قوة العضلات وبطء شديد في ردود الفعل (Darbandi et al., 2023). وقد يؤدي الاستمرار في السباق أثناء المنافسة الرياضية مع التعب المفرط أو المطول والضغط على الخيول للاستمرار في السباق أو التدريب إلى الإصابات الرياضية الخطيرة (Munsters et al., 2020). وفي المقابل عند معرفة المعايير الفيزيولوجية للتعب وتعيينه كمؤشر تنبؤي (Mami et al., 2019)، يُمكن منع الإصابات والإفراط في التدريب. وعلى عكس الرياضيين من البشر، لا تستطيع الخيول التعبير لفظياً عن حالة التعب التي تشعر بها. ولذلك، يجب مراقبة مستوى التعب أثناء التدريب والموسم الرياضي وبشكل خاص بعد كل منافسة رياضية. وقد يؤدي الافتقار في معرفة آلية الاستجابات الفيزيولوجية للخيول والوصول إلى مرحلة التعب العضلي أثناء المنافسات والتدريب إلى التحديد الكمي والنوعي غير المناسب في تقدير الحصّة التدريبية الكافية أو فترات التعافي هذا الأمر يؤدي غالباً إلى خروج الخيول من الموسم الرياضي أو حدوث إصابات لا رجعة فيها. وإنّ إيجاد التوازن بين فترات التمرين والتعافي أمرٌ صعب ومُعقد للغاية، ولكنّه ضروري للصحة والأداء الرياضي الأمثل (Darbandi et al., 2023). وقد أظهرت العديد من الدراسات أن الزيادات في حمل الأنشطة الرياضية تؤدي إلى زيادة خطر الإصابات الرياضية، وذلك لأنّ الخيول لم تتكيف فيزيولوجياً مع استجابات التدريب السابقة (Munsters et al., 2020; Hill et al., 2014). بالإضافة إلى ذلك، فإنّ للتعب عدة عواقب على الأداء الرياضي وعلى صحة الخيول ورفاهيتها (Arfuso et al., 2021). وفي الحالات الشديدة، يمكن أن يتسبب التعب العضلي في انهيار الخيول ويؤدي إلى الموت المفاجئ أثناء المنافسات (Hellings et al., 2022; Gibson et al., 2023). ولذلك، فإنّ مراقبة التعب والتخفيف من عبئه أثناء ممارسة الرياضة والمنافسة أمرٌ حيوي وغاية يتطلّع لها الباحثون والأطباء البيطريون ومالكو الخيول للوقاية من الإصابات، وتحسين الأداء، وتحسين الرفاهية. ولابدّ من الإشارة إلى أنّ التعب العضلي سببٌ رئيس للعديد من الاضطرابات والأمراض الأخرى لاسيما الأمراض ذات المنشأ الذي يكون فيه الإجهاد التأكسدي الناتج عن ممارسة الأنشطة الرياضية عالية الشدة المفتاح لتلك الأمراض، لذلك كان من الأهمية تسليط الضوء على هذه الظاهرة ومعرفة أسبابها وآلياتها في إحداث الأمراض ووضع الخطط المناسبة لتجنب تلك الأمراض والاضطرابات.

#### ٤، ١ تعريف التعب العضلي:

التعب العضلي عند خيول السباق مُصطلحٌ متعدد الأوجه والأبعاد، وحتى الآن لم يتفق المجتمع العلمي على تعريف ثابتٍ يُغطي هذه الظاهرة حتى في الدراسات البشرية (Darbandi et al., 2023)، ولكنّ يمكن اعتبار التعب العضلي ظاهرة فيزيولوجية، تظهر انعكاساتها على كافة أعضاء الجسم وبشكل خاص الجهاز العضلي والعصبي، وهو عرض Symptom غير محددٍ بمرض تُعاني منه الخيول الرياضية خاصةً أثناء السباقات والموسم الرياضية (Demirtaş et al., 2015).

والمفهوم العام للتعب العضلي: هو هبوطٌ وفتي نسبي في المقدرة على الاستمرار في أداء العمل البدني والحركي والحسي يمكن معرفته من مظاهره الخارجية عن طريق قلة كمية العمل الميكانيكي المؤدى، وقياسه من التغيرات الفيزيولوجية والكيميائية التي تصبح في بعض الأحيان غير قابلة للرجوع بسبب الإصابات العضلية الحاصلة بعد شدة الإجهاد المطبق (Constantin-Teodosiu & Constantin., 2021). ويُعرف التعب العضلي عند خيول السباق من وجهة نظر علماء وظائف الأعضاء بأنه الطلب الفائق للطاقة ATP خلال السباق بمعدلات تفوق القدرة على توليد الطاقة ATP من المسارات الهوائية، مما يؤدي إلى الاعتماد على المسارات اللاهوائية، حيث ينتج عن الاعتماد على المسارات اللاهوائية تراكم نواتج الاستقلاب داخل الخلايا وهي الفوسفات غير العضوي ( $P_i$ ) وشوارد الهيدروجين (H) وحمض اللاكتات والجذور الحرة، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض في القدرة الإنجازية للعضلة نتيجة الجهد المكثف المطبق والمتكرر على العضلة (Marlin., 2007). يصنف التعب العضلي من حيث المدة إلى: تعب حاد (Acute Fatigue) والذي يستمر لعدة أيام، وتعب مزمن (Chronic Fatigue) والذي يستمر حتى أربعة أشهر (Wan et al., 2017). ومن حيث التغيرات في المسار العصبي الحركي إلى تعب محيطي (Peripheral Fatigue) والذي ينتج عن تغيرات في الموصلات العصبية العضلية، وتعب مركزي (Central Fatigue) والذي ينشأ من الجهاز العصبي المركزي (Carroll et al., 2017; Acri et al., 2023).

#### ٢,٤ أسباب التعب العضلي عند خيول السباق في سباقات السرعة:

يرتبط التعب فيزيولوجياً بشكل أساسي باستقلاب الطاقة وآليات النقل العضلي والانقباض لخلايا العضلات وما يترتب على ذلك من تأثير السباق على العضلات وعلى البيئة الداخلية للحصان. ولذلك سنركز على ثلاثة أسباب رئيسية فقط:

السبب الأول التعب الناجم عن التغيرات في خلايا العضلية الهيكلية: يؤدي الاستخدام المتكرر والمكثف للعضلات أثناء الأنشطة الرياضية عالية الشدة مثل سباقات السرعة إلى تغييرات في العديد من خصائص العضلات وذلك بسبب التغيرات الحاصلة في مخزون الطاقة، والمستقلبات داخل الخلايا، والأيونات داخل وخارج الخلية، وتراكم الجذور الحرة. وإن هذه التغيرات ناجمة بشكل رئيس من استنزاف ركائز الطاقة وتراكم نواتج الاستقلاب واضطراب جهود الفعل الغشائية لخلايا العضلات، والتي تؤدي في المجمع إلى ضعف النقل العضلي وحدث التعب العضلي (Wan et al., 2017).

#### السبب الثاني التعب الناجم عن نواتج الاستقلاب والتغيرات في التركيزات الأيونية للخلايا العضلية:

أ- تراكم أيونات الفوسفات اللاعضوية ( $P_i$ ): بغض النظر عن مسار الطاقة المسيطر أثناء السباق، فإن تقلص العضلات المكثف سيكون دائماً مرتبطاً بزيادة في ثنائي فوسفات الأدينوزين (ADP) والفوسفات اللاعضوية ( $P_i$ ) (Ament & Verkerke., 2009)، وبالرغم من ذلك فإن تحرير الطاقة من الفوسفوكرياتين (CP) أثناء التمرين عالي الشدة يؤدي إلى تراكم المزيد من ( $P_i$ )، ويمكن أن تؤدي الزيادة في ( $P_i$ ) إلى خفض الوظائف الانقباضية للألياف العضلية (Westerblad et al., 2002). ويؤدي أيضاً تراكم ( $P_i$ ) في الساركوبلازما إلى انخفاض قوة الانقباض العضلي بسبب تثبيط التفاعلات الحيوية في الدورة التقلصية بين خيوط الأكتين والميوسين، تُشير معظم الدراسات إلى أن تراكم ( $P_i$ ) هو أهم سبب للتعب العضلي أثناء التمرينات عالية الشدة (سباقات السرعة) عند خيول السباق (Westerblad et al., 2002; Ament & Verkerke., 2009). لذلك فإن التعب الناجم عن تراكم ( $P_i$ ) في خلايا العضلات هو من أهم العوامل لخيول السباق ولكن ليس لخيول التحمل التي لديها كثافة أقل أثناء سباق التحمل.

ب- **تراكم اللاكتات وأيونات الهيدروجين ( $H^+$ ):** مع زيادة شدة وكثافة السباق، يتم توفير الطاقة عن طريق تحلل السكر اللاهوائي، حيث يتحلل معظم الغليكوجين العضلي إلى حمض اللاكتيك، علاوةً على ذلك يتفكك حمض اللاكتيك إلى أيونات اللاكتات ( $LA^-$ ) وأيونات الهيدروجين ( $H^+$ )، حيث تشكل أيونات ( $LA^-$ ) ملحاً مع أيونات الصوديوم ( $Na^+$ ) أو أيونات البوتاسيوم ( $K^+$ ) وبالتالي لا يشكل حمض اللاكتيك تهديداً لخلايا العضلات. في حين يؤدي تراكم أيونات ( $H^+$ ) في الساركوبلازم إلى انخفاض قوة الانقباض بسبب تثبيط تفاعلات الدورة التقلصية وارتباط خيوط الأكتين والميوسين. بالإضافة إلى ذلك قد يتسبب تراكم ( $H^+$ ) في انخفاض النقاط أيونات الكالسيوم ( $Ca^{+2}$ ) في الشبكة الساركوبلازمية وهذا قد يطيل وقت الاسترخاء ويسبب التعب. وكذلك تؤدي زيادة تركيزات أيونات ( $H^+$ ) إلى انخفاض درجة الـ (PH) في العضلات وتسبب الحمض العضلي. حيث قد يكون الحمض مسؤولاً عن حدوث التعب العضلي بسبب اضطراب في وظيفة الميتوكوندريا، وضعف تحلل الغلوكوز وما يترتب على ذلك من انخفاض في تركيز ATP العضلات، وتضخم الميتوكوندريا والشبكة الساركوبلازمية (Marlin & Nankervis., 2003).

ت- **تثبيط إطلاق أيونات الكالسيوم ( $Ca^{+2}$ ):** مع تراكم أيونات ( $P_i$ ) و ( $H^+$ )، يتم تحفيز إطلاق ( $Ca^{+2}$ ) عن طريق ترسيب فوسفات الكالسيوم داخل تجويف الشبكة الساركوبلازمية، في حين يؤدي انخفاض درجة الـ (PH) في الخلية العضلية أيضاً إلى اضطراب البنية المورفولوجية للشبكة الساركوبلازمية وقدرة الشبكة الساركوبلازمية على إطلاق ( $Ca^{+2}$ ). حيث يؤدي انخفاض تركيز الكالسيوم في الساركوبلازم إلى ضعف التقلص العضلي، ويؤدي انخفاض امتصاص الميتوكوندريا لـ ( $Ca^{+2}$ ) أيضاً إلى انخفاض إنتاج الطاقة (ATP) (Ament & Verkerke., 2009).

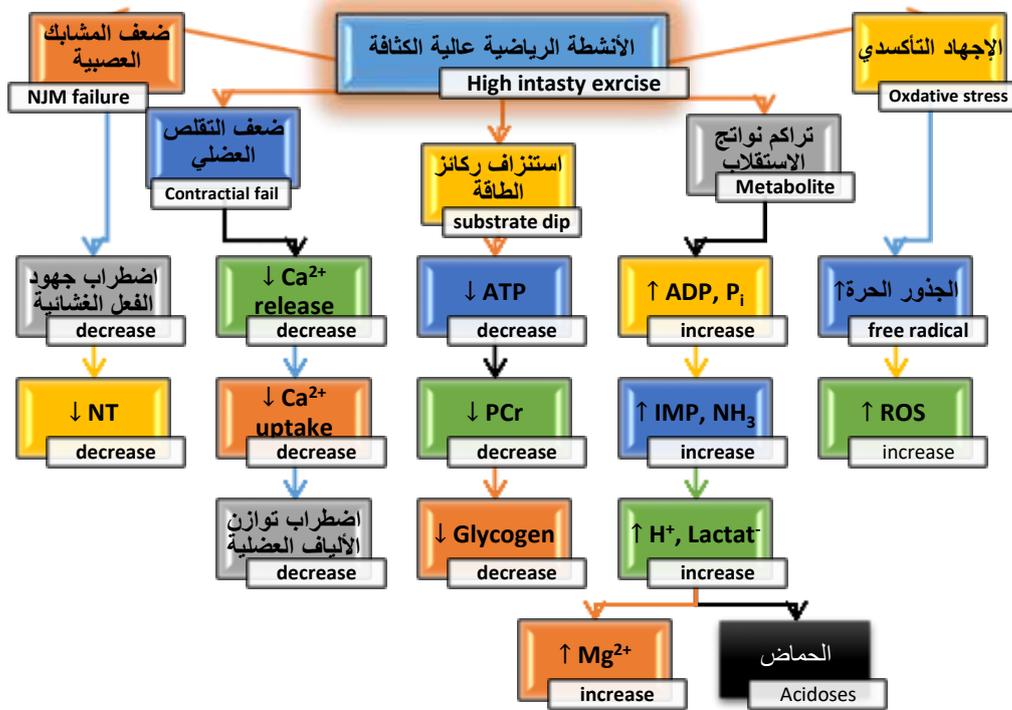
ث- **زيادة تدفق أيونات البوتاسيوم ( $K^+$ ):** أثناء الراحة يكون تركيز ( $K^+$ ) داخل الخلايا العضلية 160 مليمول/ لتر وتركيز ( $K^+$ ) خارج الخلية 4 مليمول/ لتر (Sejersted, & Sjogaard., 2000). أثناء تقلص العضلات يتم فقد كمية صغيرة جداً من ( $K^+$ ) (حوالي 2-10 ميكرومول/ لتر) من خلايا العضلات إلى الحيز خارج الخلية (Clausen., 2003). وقد يؤدي السباق إلى زيادة تركيز ( $K^+$ ) بما يزيد عن 10 مليمول/ لتر في الحجرة خارج الخلية (Harris & Snow., 1992). وأن التغيرات التي يسببها النشاط الرياضي في تركيز أيون ( $K^+$ ) لا يتم تعويضها عن طريق نشاط مضخات الصوديوم بوتاسيوم ( $Na^+ - K^+$ ) وغيرها من الوسائل التي تؤدي إلى تنظيم جهود الفعل الغشائية وما يترتب على ذلك من استثارة العضلات وقوتها (Allen et al., 2018). أثبتت الدراسات أن زيادة تركيز ( $K^+$ ) في الحجرة خارج الخلية يؤدي إلى التعب العضلي عن طريق اضطراب جهود الفعل الغشائية مما يؤدي إلى اضطراب التوصيل العصبي العضلي (Art & Lekeux., 2005).

ج- **تراكم أيونات المغنيسيوم ( $Mg^{+2}$ ):** مع بدء النشاط العضلي يزداد تركيز ( $Mg^{+2}$ ) في الساركوبلازم، ومع زيادة كثافة السباق وعندما ينخفض تركيز ATP يرتفع تركيز ( $Mg^{+2}$ ) وذلك لأن نواتج ATP: ADP و AMP و IMP جميعها لديها انجذاب أقل بكثير لشوارد ( $Mg^{+2}$ ) من ATP، حيث تلعب أيونات ( $Mg^{+2}$ ) أدواراً مهمة في وظيفة الشبكة الساركوبلازمية. وأن زيادة تركيز ( $Mg^{+2}$ ) في الساركوبلازم يقلل من إطلاق شوارد ( $Ca^{+2}$ ) عبر غشاء الشبكة الساركوبلازمية ويسبب التعب عن طريق تقليل قوة العضلات (Blazev & Lamb., 1999).

ح- **الإجهاد التأكسدي وتراكم الجذور الحرة (ROS):** أثبتت الدراسات الحديثة أن سباقات السرعة تعزز الإجهاد التأكسدي وتراكم الجذور الحرة في الخلايا العضلية (Zohier et al., 2023). حيث أن زيادة الطلب على الطاقة مع زيادة كثافة السباق ينشط المسارات الهوائية واللاهوائية لإنتاج الطاقة ونتيجةً لذلك يزيد من امتصاص الأكسجين

في العضلات، وأنَّ مصدر الجذور الحرة أثناء السباق هو انخفاض الضغط الجزئي للأوكسجين في الميتوكوندريا أثناء الفسفرة المؤكسدة، وأكسيداز الزانثين أثناء تحلل نيوكليوتيدات البيورين (Arfuso et al., 2022). حيث يتم تحويل حوالي 50% من إجمالي كمية الأوكسجين في الميتوكوندريا إلى أنواع أكسجين تفاعلية مثل الأنيون الفائق ( $O^{2-}$ )، وبيروكسيد الهيدروجين ( $H_2O_2$ ) وجذور الهيدروكسيل ( $OH^{\bullet}$ ) (Sawada et al., 2023)، حيث أثبتت الدراسات الحديثة بالعديد من الأدلة العلمية المبنية على التجارب البحثية بأنَّ أنواع الأكسجين التفاعلية تساهم في عملية التعب العضلي أثناء السباق (Zohier et al., 2023). وتمَّ اقتراح أنَّ التعب الناجم عن السباق قد يكون مرتبطاً بتغيرات في بنية غشاء الخلية العضلية الناجم عن الجذور الحرة والإجهاد التأكسدي، وقد أُشير أيضاً إلى أنَّ زيادة كميات الأوكسجين التفاعلية والجذور الحرة تؤدي إلى انخفاض القوة العضلية عن طريق تأذي أو تلف البروتينات المقصصة ومضخات ( $Na^+ - K^+$ ) لخلايا العضلات (Allen et al., 2018).

السبب الثالث التعب الناجم عن التغيرات في البيئة الداخلية لجسم الحصان: بصرف النظر عن العضلات، تشارك العديد من الأنظمة الفيزيولوجية الأخرى للحفاظ على الاستتباب. بينما تتدهور الحالة المستقرة للخلية العضلية أثناء السباق، تحدث بعض التغيرات في أنظمة أخرى من جسم الحصان أيضاً. تسببُ التمارين الرياضية العديد من التغيرات في البيئة الداخلية لجسم الحصان مثل زيادة إنتاج الحرارة، وبالتالي زيادة فقدان العرق، وزيادة إنتاج ثاني أكسيد الكربون، وأيونات الهيدروجين، واللاكتات، والأمونيا في الدم وزيادة استهلاك الأوكسجين والمواد المغذية (الجليكوجين والغلوكوز والأحماض الدهنية). كلما زاد عبء العمل زادت تأثيرات هذه المتغيرات في البيئة الداخلية. يمكن أن يؤدي تدهور الحالة المستقرة للبيئة الداخلية عن طريق التمرين إلى الشعور بالتعب والذي له تأثير مدمر على أداء السباق.



مخطط تفصيلي رقم (1): يلخص الآليات المحتملة لحدوث التعب العضلي في الأنشطة الرياضية عالية الكثافة (سباق السرعة)

## ٥. الاستجابات الفيزيولوجية للخيول الرياضية قبل وبعد السباق Physiological Responses of Sports Horses Before and After the Race

يمثل دوران الدم بمكوناته العديدة من وإلى الأعضاء الرئيسة بما في ذلك الجهاز العضلي أحد أهم جوانب فيزيولوجيا التمرين والسباق لدى الخيول الرياضية، وأنَّ تقييم نتائج ومخططات التحاليل الدموية أو التحليلات البيوكيميائية للمصل أو البلازما يمكن أن يوفر نظرة ثاقبة حول وظائف الأعضاء (McGowan., 2008) وليس من المستغرب أن تُصنّف هذه التحاليل والاختبارات والمؤشرات الفيزيولوجية حالياً بين تقنيات التشخيص الأكثر شيوعاً المستخدمة أثناء التحقيق في الأداء الرياضي دون المستوى الأمثل أو تقييم التعب العضلي والاضرابات والأمراض لدى خيول السباق (Hurcombe., 2020)، وعلى الرغم من أن هذه الأساليب توفر تقييماً واسعاً للأمراض أو الخلل الوظيفي لأنظمة الأعضاء المختلفة، إلا أن التدريب والتمارين الرياضية والسباق يمكن أن تؤثر على المتغيرات الدموية والبيوكيميائية في الخيول السليمة (Corrigan., 2011). لذلك فإنَّ الفهم الشامل لهذه التغيرات الفيزيولوجية أمرٌ ضروري لتفسير دقيق للتحليلات المخبرية.

❖ أجرى الباحث (Maško et al., 2021) وزملاؤه دراسةً مقارنة لمعرفة التغيرات الفيزيولوجية قبل وبعد السباق عند خيول السباق العربية وخيول التحمل وخيول مدرسة الفروسية البولندية حيث اشتملت الدراسة على 45 حصان قُسمت إلى ثلاث مجموعات ضمت كل مجموعة خمسة عشر خيلاً: مجموعة خيول التحمل، مجموعة خيول السباق العربية ومجموعة خيول المدرسة البولندية. وجد الباحثون تغيرات كبيرة في العناصر الدموية والبيوكيميائية بعد إنجاز سباق 1000 متر عند خيول السباق العربية وذلك بالمقارنة مع تلك المتغيرات قبل السباق. حيث سجلت العناصر الدموية ارتفاعاً معنوياً ( $P<0.0001$ ) في عدد الكريات الحمر (RBC)، وخضاب الدم (Hb)، والهيماتوكريت (HCT)، حيث ارتفعت قيم عدد الكريات الحمر بنسبة 31.7% وخضاب الدم بنسبة 20.6% والهيماتوكريت بنسبة 24.2%، وذلك بعد السباق مباشرةً مقارنة بقيم ما قبل السباق. وسجلت أيضاً العناصر البيوكيميائية ارتفاعاً معنوياً ( $P<0.0001$ ) في تركيز اللاكتات (LAC)، والبروتين الكلي (TSP)، ونشاط أنزيم الكرياتين كيناز (CK)، ونشاط أنزيم الأسبارتات أمينو ترانسفيراز (AST). حيث ارتفعت قيم اللاكتات بنسبة 7526%، والبروتين الكلي بنسبة 8.7%، والكرياتين كيناز بنسبة 76.4%، والأسبارتات أمينوترانسفيراز بنسبة 10.5%، وذلك بعد السباق مباشرةً.

❖ أجرى الباحث (Massie et al., 2021) دراسةً لمعرفة الأسباب الفيزيولوجية لعدم انتظام معدل ضربات القلب والنبض الشرياني، وقياس بعض المعايير البيوكيميائية التي تدل على تعب القلب والعضلات مثل اللاكتات والتروبونين وذلك أثناء وبعد سباقات السرعة عالية الشدة وخلال فترة الاستشفاء. وأوضح الباحث أنه لا تزال السمة السريرية لاضطراب نظم القلب التي تؤدي إلى الموت المفاجئ غير واضحة أثناء وبعد السباق، خاصةً لأنها تحدث في وقت تعتبر فيه الخيول معرضة للعديد من عوامل الخطر، وأشار إلى أن 50% من حالات الوفاة المرتبطة بأمراض القلب ناجمة عن اضطراب نظم القلب وعدم انتظام معدل ضربات القلب. أظهرت نتائج تخطيط الكهربي للقلب اضطراب كبير في نظم القلب وعدم انتظام معدل ضربات القلب والنبض الشرياني أثناء وبعد السباق والتي استتبت بعد عدة ساعات من السباق ووصلت إلى القيم الطبيعية في مرحلة الاستشفاء، وأظهرت نتائج التحليل البيوكيميائي ارتفاعاً معنوياً ( $P<0.001$ ) في اللاكتات والتروبونين. واستنتج الباحث أن عدم انتظام معدل ضربات القلب والنبض الشرياني هو أمرٌ شائع عند الخيول الرياضية ويتعلق بالاستجابات والتكيفات الفيزيولوجية. وبذلك يدحض الباحث بما كان يُعتقد سابقاً أن عدم انتظام ضربات القلب أثناء وبعد السباق عرض سريري لأمراض القلب عند خيول سباق السرعة.

❖ درس الباحث (Witkowska-Piłaszewicz et al., 2021) وزملاؤه الاستجابات الفيزيولوجية للإجهاد بعد الدورات التدريبية خلال موسم السباق وسباقات السرعة والتحمل في الخيول العربية. وبحسب وصف الباحث وزملاؤه تُعد هذه الدراسة فريدة من نوعها لأنهم أجروا دراستهم على الخيول العربية الأصيلة، ثاني أكثر السلالات شعبية في سباق السرعة، والأولى في القدرة على التحمل، بدلاً من اختيارهم خيول ثوروبريد الإنكليزية الأصيلة والتي نادراً ما تشارك في سباقات التحمل. اشتملت الدراسة على 30 خيلاً قُسمت إلى مجموعتين ضمت مجموعة سباق السرعة 21 خيلاً ومجموعة سباق التحمل 9 خيول. تسابقت خيول السرعة على مضمار رملي بطول 1600 متر. أظهرت نتائج الدراسة ارتفاعاً معنوياً ( $P < 0.001$ ) في تركيز الكورتيزول والأدرينالين والغلوكوز، حيث أشار الباحث إلى أنّ الإجهاد المصاحب لأيّ نظام تدريب أو سباق وتأثيره على رفاهية الحيوان هو مصدر قلق للأشخاص الذين يشاركون في رياضات الخيول. ويبدو أنّ نتائج هذه الدراسة تقلل من تلك المخاوف، لأنّ عوامل الإجهاد تصل إلى الذروة عادةً بعد 15-30 دقيقة بعد السباق والتدريب، وتعود إلى مستوياتها الطبيعية في غضون ساعات وهنا أوصى الباحث بعدم إهمال مراحل التعب والإجهاد ما بعد السباق لأنها تمثل الحد الفاصل بين محاولة الأعضاء للوصول إلى مرحلة الاستتباب وتحقيق التوازن وبين مرحلة الإصابة بالأمراض نتيجة زيادة الإجهاد.

❖ أجرى الباحث (Demirtaş., 2020) دراسة مقارنة لتقييم التغيرات البدنية والدموية والبيوكيميائية في الخيول العربية بعد سباق سرعة عالي الشدة في مسابقة تدعى (سرب الرمح) الجريد Jereed. حيث اشتملت الدراسة على 14 حصان تسابقت على مضمار رملي بطول 150 متر وعرض 45 متر وذلك على فترتين زمنيتين وفاصل راحة لمدة 10 دقائق. حيث قارن الباحث بين المتغيرات قبل السباق، ومباشرة بعد الفترة الأولى والفترة الثانية من السباق، وبعد 30-60 دقيقة من انتهاء السباق. وجد الباحث تغيرات بدنية كبيرة تمثلت في تسجيل ارتفاع معنوي ( $P < 0.001$ ) في معدل ضربات القلب (HR)، ومعدل تردد التنفس (RER)، وزمن إعادة امتلاء الشعيرات الدموية (CRT)، ولون الأغشية المخاطية والتجفاف Dehydration وكذلك سجلت العناصر الدموية ارتفاعاً معنوياً ( $P < 0.001$ ) في كل من عدد الكريات الحمر (RBC)، وخضاب الدم (Hb)، والهيماتوكريت (HCT)، وعدد الكريات البيض (WBC)، والعدلات والقعدات. في حين سجلت العناصر البيوكيميائية ارتفاعاً معنوياً ( $P < 0.001$ ) في كل من اللاكتات (LAC)، والغلوكوز، واليوريا، والبروتين الكلي (TSP)، والألبومين، والغلوبيولين، والصوديوم (Na)، والبوتاسيوم (K)، ونشاط أنزيمات الكرياتين كيناز (CK)، واللاكتات ديهيدروجينيز (LDH)، والأسبارتات أمينوترانسفيراز (AST)، والفوسفاتيز القلوي (ALP). بينما سجلت الشوارد المعدنية انخفاضاً معنوياً في الكالسيوم ( $P < 0.01$ )، والمغنيسيوم، والفوسفور، والكلوريد. وأشار الباحث إلى أن غالبية المتغيرات لم تعود إلى الحدود الفيزيولوجية الطبيعية حتى بعد 30-60 دقيقة من المنافسة الرياضية.

❖ درس الباحث (Gomes et al., 2021) الاستجابات الفيزيولوجية والكيميائية الحيوية في الخيول بعد دورتين لسباق البراميل والذي يصنف من الأنشطة الرياضية عالية الشدة وذات فترة زمنية قصيرة. وأفاد الباحث بأنه: تعد الدراسات حول المكونات الفيزيولوجية والكيميائية الحيوية وحالة السوائل في الجسم أثناء التدريب أو السباقات عند الخيول ضرورية جداً لمعرفة استجاباتها الفيزيولوجية والاستقلابية التكيفية، وذلك لتحديد أنظمة التدريب وللوصول إلى حالة التكيف الفيزيولوجي، وكذلك الوقاية من الأمراض الناجمة عن الإجهاد أو التعب العضلي بعد السباقات المختلفة. ضمت التجربة عشرة خيول سباق من سلالة كوارتر الإنكليزية دخلت نفسها في أربعة مجموعات، وتم سحب العينات الدموية بعد أربعة فترات زمنية: (T): عند الراحة، وقبل بدء النشاط البدني و(T0) مباشرة بعد 10 دقائق من خيب الإحماء و(T1) بعد سباق البراميل مرتين

بفاصل 10 دقائق و(T2) بعد ساعة راحة بعد الدورة الثانية. كانت المتغيرات التي تم تحليلها ودراستها هي: معدل ضربات القلب (HR)، معدل التنفس (RR)، درجة حرارة الجسم (BT) ولون المخاط. تم تقييم وزمن امتلاء الشعيرات الدموية (CRT)، والهيماتوكريت (PCV)، والبروتين الكلي (TP)، والكرياتينين (CRE) ونيتروجين اليوريا في الدم (BUN) واستخدامها لاستنتاج حالة سوائل الجسم، وتم قياس الأسمولية في البلازما (Osm)، وشوارد الصوديوم (Na) والبوتاسيوم (K) والكلوريد (Cl) والكالسيوم (Ca) والمغنيسيوم (Mg) والفوسفور (P) والغلوكوز (Glu) واللاكتات (Lac) وإنزيمات العضلات الكرياتين كيناز (CK) و (AST). أظهرت نتائج البحث بعد السباق (في T1) زيادة معنوية ( $P<0.05$ ) في كلاً من: (HR، RR، BT، PCV، TP، Glu، Lac، Cre)، وأنزيمات العضلات والفوسفور والصوديوم. وانخفاض معنوي في البوتاسيوم والكالسيوم. وبعد فترة الراحة (في T2)، عاد الغلوكوز فقط إلى القرب من مستوياته الطبيعية (T0)، ولكن لم يعد (HR و RR و BT و PCV و K و Lac) إلى مستويات مستوياته الطبيعية (T0). استنتج الباحث أن السباق يؤدي إلى تغيرات فيزيولوجية حقيقة يمكن أن تؤدي هذه التغيرات إلى حدوث اضطرابات مرضية. وأوصى الباحث بضرورة مراقبة تركيز اللاكتات بعد السباق، وضرورة وضع برامج تدريبية تزيد التكيفات الفيزيولوجية والتي تعمل على زيادة كفاءة الخيول أثناء السباق.

❖ أجرى الباحث (Mami et al., 2019) وزملاؤه دراسة نُشرت في مجلة العلوم البيطرية للفروسية لتقييم المؤشرات البيولوجية للتعب والضرر العضلي في الخيول العربية بعد السباق. اشتملت الدراسة على 6 خيول، خضعت لسباقين 1250-1400 متر على التوالي بفاصل زمني شهر بين السباقين، تم جمع عينات الدم قبل السباق بساعة، ومباشرة بعد السباق، وبعد يوم من انتهاء السباق. أظهرت نتائج الدراسة ارتفاعاً معنوياً ( $P<0.05$ ) في كل من نشاط الأسبارتات أمينوترانسفيراز (AST)، واللاكتات ديهيدروجينيز (LDH)، والكرياتين كيناز (CK)، والكرياتينين واليوريا، والتروبونين Troponin، وذلك بعد السباق مباشرة مقارنةً بقيم ما قبل السباق بساعة ووصلت القيم إلى أعلى مستوياتها بعد ساعة من السباق في حين بدأت بالانخفاض بعد يوم من نهاية السباق، وكانت النتائج متماثلة في كلا السباقين. ومن جهة أخرى ارتفع نشاط الجذور الحرة ومضادات الأكسدة ارتفاعاً معنوياً ( $P<0.05$ ) وذلك بعد يوم من انتهاء السباق. أفادت الدراسة أن المؤشرات الفيزيولوجية والبيوكيميائية المسؤولة بشكل رئيس عن التعب والضرر العضلي هي الأسبارتات أمينوترانسفيراز، واللاكتات ديهيدروجينيز، والكرياتين كيناز، والتروبونين. واستنتج الباحث وزملاؤه أن الخيول وصلت إلى مرحلة التعب العضلي بعد السباق وأن الإنزيمات المضادة للأكسدة تغيرت في ظل ظروف التعب العضلي، حيث زادت المؤشرات الحيوية لتلف العضلات، لكن هذه الزيادات كانت في نطاقاتها الفيزيولوجية ولم تشر إلى تلف عضلات الخيول.

❖ نشرت مجلة الجمعية الأمريكية لعلوم الأمراض البيطرية السريرية (V.C.P) دراسة للباحث (Bos et al., 2018) وزملاؤه تناولت الدراسة تأثير السباق على المتغيرات الدموية والبيوكيميائية في خيول ستاندرد بريد الإنجليزية، وأوضح الباحث أنه يتم جمع العينات الدموية عادةً من أجل إجراء التحاليل الدموية والبيوكيميائية بعد السباق لمعرفة مستوى الإجهاد وضعف الأداء الرياضي عند خيول السباق، وذلك بالرغم من المعرفة التامة أن السباق يؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على العناصر الدموية والبيوكيميائية. حيث هدفت الدراسة إلى تحديد ما إذا كانت تراكيز ومستويات المتغيرات الدموية والبيوكيميائية قد عادت إلى مستوياتها الطبيعية (مستويات ما قبل السباق) بعد يومين إلى ثلاثة أيام بعد السباق، وهل يمكن أن تؤثر هذه التغيرات في تفسير الحالة الإكلينيكية الطبيعية والمرضية للخيول. حيث اشتملت الدراسة على 17 من خيول السباق السليمة صحياً، تسابقت جميعها على مضمار بطول (1959±564) متر، تم سحب العينات الدموية من

الوريد الوداجي قبل السباق وبعد السباق مباشرة وبعد يومين وثلاثة أيام من السباق، وضمت التحاليل التي تمّ قياسها من البلازما الألبومين، الكولستيرول، الكرياتينين، الكالسيوم (Ca)، الفوسفور (P)، المغنيسيوم (Mg)، الصوديوم (Na)، البوتاسيوم (K)، الكرياتين كايانز (CK)، الأسبارتات أمينو ترانسفيراز (AST)، اللاكتات (LAC)، اللاكتات ديهيدروجيناز (LDH)، غاما غلوتاميل ترانسفيراز (GGT)، والكورتيزول، وتمّ تحليل المكونات الخلوية للدم على جهاز التعداد الآلي حيثُ تضمنت التحاليل الهيماتوكريت (HCT)، خضاب الدم (HGB)، الكريات البيض (WBC)، الكريات الحمر (RBC)، وعدد الخلايا المحببة، والخلايا اللمفاوية. أظهرت نتائج البحث حدوث فروقات معنوية بالارتفاع والانخفاض ( $P < 0.001$ ) للعناصر الدموية والبيوكيميائية للمتغيرات المدروسة وذلك بعد السباق مباشرة وبعد يومين وثلاثة أيام من انتهاء السباق. واستنتج الباحث أن عدد قليل فقط من المتغيرات الدموية والبيوكيميائية عادت إلى مستوى ما قبل السباق بعد ثلاثة أيام من السباق، وأشار إلى أنه لم يؤثر مستوى هذه التغيرات على التفسير والفهم الإكلينيكي للقيم كوننا نعلم أن السباق يؤثر عليها لكن لا بدّ من فهم العتبة التي يكون فيها تذبذب هذه القيم المتغيرة بعد السباق مهددة لحياة خيول السباق كي نحكم عليها بأنّها قيم مرضية وليست عبارة عن ارتفاع أو انخفاض فيزيولوجي.

❖ أجرى الباحثان (Walker & Collins., 2017) دراسة لمعرفة تأثير شدة وكثافة ومدة السباق على تغيرات الشوارد في بلازما الدم عند الخيول الرياضية وتقيم دور إحدى المكملات الشائعة في الأسواق الكندية في توازن الشوارد. اشتملت الدراسة على 11 خيلاً من فصيلة ستاندربريد قُسمت إلى مجموعتين شاركت في عدة أنشطة رياضية: حالة الراحة، سباق تحمل لمدة 20 دقيقة، سباق سرعة مدته دقيقتين، حيثُ تمّ جمع العينات الدموية من الوريد الوداجي بعد السباق من المجموعة الأولى والتي لم تعطى المكمل والمجموعة الثانية التي أعطيت المكمل قبل ساعة إلى ساعتين. أظهرت نتائج الدراسة أن لخيول التحمل معدل ضربات قلب مرتفع مقارنة بخيول الراحة وتركيزات البوتاسيوم في البلازما التي كانت أعلى من خيول السباق ( $P < 0.05$ )، وسجلت خيول السباق أعلى معدل لضربات القلب من بين الأنشطة الثلاثة، وارتفاع معنوي في تركيزات الصوديوم في البلازما التي كانت أعلى من تلك الموجودة في خيول التحمل والراحة ( $P < 0.05$ )، في حين عمل المكمل على استتباب الشوارد مع استمرار ارتفاع ضربات القلب بشكل كبير. واستنتج الباحث أن للمكملات دوراً كبيراً في تحسين الأداء الرياضي خلال الأنشطة المختلفة، ودوراً حيوياً في تسريع مدة الاستشفاء بعد المنافسات وهي مرحلة الخطورة التي تؤدي إلى التعب والإجهاد العضلي قبل وأثناء وبعد السباق.

❖ أجرى الباحث (Hassan et al., 2015) وزملاؤه دراسة لمعرفة تأثير السباق في المؤشرات السريرية والدموية والبيوكيميائية في خيول ثوروبريد الإنجليزية الأصيلة. حيثُ اشتملت الدراسة على 21 خيول سباق تسابقت على مضمار ترابي بطول 1600 متر، تمّ إجراء الفحوصات السريرية وجمع عينات الدم قبل السباق وبعد السباق بـ 5 و 15 و 60 دقيقة، حيثُ كان الهدف الرئيس للدراسة هو تقييم سرعة الأداء البدني والوقت اللازم للاستشفاء من خلال قياس المعايير السريرية (معدل ضربات القلب، معدل التنفس، درجة حرارة الجسم وزمن امتلاء الشعيرات الدموية)، المعايير الدموية (كريات الدم الحمر، PCV، Hb، عدد الكريات البيض الكلي والتفريقي) والمؤشرات البيوكيميائية (TP، الألبومين، AST، ALT، CK، LDH، حمض اللاكتيك، الجلوكوز، الكولستيرول، Na، K، Cl واليوريا، الكرياتينين، Ca، P و Mg). أظهرت النتائج فروقات معنوية ( $P < 0.001$ ) في جميع المؤشرات السريرية والدموية والبيوكيميائية بعد 5 دقائق من نهاية السباق. واستنتج الباحث أنه يمكن أن تكون النتائج مؤشراً مفيداً لتقييم الأداء الرياضي للخيول الرياضية، وتأثير السباق على التمثيل الغذائي للخيول، ومفيدة في بروتوكولات إدارة الخيول الرياضية أثناء التدريب في ظروف المناخ الحار.

❖ أجرى الباحث (Allaam et al., 2014) وزملاؤه دراسةً مماثلةً للدراسة السابقة، وأشار إلى أنّ الاستجابات الفيزيولوجية قبل وبعد السباق والتي تتضمن المؤشرات السريرية والدموية والبيوكيميائية هي الأساس لفهم علم التمرين الفيزيولوجي عند الخيول الرياضية ولا بدّ من فهم تلك التغيرات، نظراً لأن الاستجابات الفيزيولوجية تتغير مع الأداء خلال التدريب والسباق، ولا يمكن أن يقتصر تفسير القيم الفيزيولوجية بعد السباق على المقارنة مع النطاق الطبيعي الثابت قبل السباق، ولكن فيما يتعلق بالتطور الديناميكي للقيم مع تقدم التدريب والسباق. لذلك يمكن أن تكون البيانات المنشورة في الأبحاث مفيدة لتقييم حالة الرياضي ودرجة قدرته على التكيف مع التدريب مما يوفر فرصة لتعديل جدول التدريب لتحقيق الأداء المطلوب. من أجل تقييم لياقة الخيول، ووضع البرامج التدريبية المناسبة، وذلك من أجل تحقيق الإنجاز الرياضي.

❖ أجرى الباحث (Jović et al., 2013) وزملاؤه دراسةً لمقارنة حالة الدهون في الدم عند خيول السباق وذلك خلال أنشطة بدنية متنوعة الشدة والمدة. كان الهدف الرئيس من الدراسة معرفة التغيرات الفيزيولوجية والبيوكيميائية أثناء أنشطة رياضية مختلفة الشدة والمدة، حيث شملت المتغيرات: الغليسيريدات الثلاثية (TG)، والكوليسترول الكلي (TC)، والبروتين الدهني منخفض الكثافة (LDL)، والبروتين الدهني مرتفع الكثافة (HDL)، والغليسرول، والأحماض الدهنية غير المؤسرة (NEFA). اشتملت الدراسة على مجموعتين من الخيول الرياضية ضمت كل مجموعة 10 خيول، تسابقت خيول المجموعة الأولى على مضمار بطول 2400 متر، والذي يُعتبر نشاطاً رياضياً ذات كثافة عالية وقصير الأمد، حيث تمّ تقييم حالة الدهون قبل وبعد السباق وبعد 48 و72 ساعة من انتهاء السباق، في حين تسابقت خيول المجموعة الثانية على مسار 40 كيلومتر والذي يُعتبر نشاطاً رياضياً معتدل الشدة طويل الأمد، تمّ تقييم حالة الدهون مباشرة قبل وبعد السباق وبعد 48 و72 و92 و120 و144 ساعة من الانتهاء من السباق. أظهرت نتائج الباحث وجود فروقات معنوية ( $P < 0.05$ ) في جميع متغيرات الدراسة عند المقارنة بين المجموعتين، حيث في الأنشطة الرياضية ذات الشدة العالية وقصيرة الأمد وبالرغم من أن التغيرات في حالة الدهون عند خيول سباق السرعة كان طفيفاً وليس ذات دلالة معنوية إلا أنه يعبر عن التغير في حالة استقلاب الدهون من الحالة اللاهوائية إلى الاستقلاب الهوائي، في حين كانت التغيرات في سباق التحمل ذات دلالة معنوية واضحة تدلّ على التوازن بين الاستقلاب الهوائي واللاهوائي طول فترة السباق. استنتج الباحث أنّ التمارين الهوائية تقلل من خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية، ويرجع ذلك جزئياً إلى أنّها مصحوبة بزيادة معتدلة في تركيز الكوليسترول المفيد، وانخفاض في الكوليسترول الكلي، والبروتين الدهني منخفض الكثافة، الغليسيريدات الثلاثية، مما يؤدي جميعها إلى تحسين مستوى الدهون في الخيول.

❖ أجرى الباحث (Carreón et al., 2013) وزملاؤه دراسةً لمعرفة تأثير النشاط البدني وعوامل أخرى في مستويات الكوليسترول الكلي والدهون الثلاثية في الخيول. أظهرت نتائج البحث أنّ مستويات الكوليسترول الكلي والدهون الثلاثية في الدم لم تتأثر بشكل كبير في سباق السرعة عالي الشدة حيث لم تكن الفروقات معنوية قبل وبعد السباق.

❖ درس الباحث (Piccione et al., 2014) الاستجابات الفيزيولوجية للدم والعناصر البيوكيميائية أثناء وبعد التدريب والمنافسات الرسمية للخيول الرياضية، حيث هدفت دراسة الباحث إلى تقييم تلك الاستجابات الفيزيولوجية ومعرفة التغيرات التي تحدثها وفصلها عن التغيرات المرضية، حيث درس الباحث التغيرات التي تحدث في الخيول الرياضية أثناء أعباء العمل المختلفة للتدريب وبعد السباقات الرسمية لمسافة 1600 و2000 متر. وأجريت الدراسة على 15 خيلاً يتمتع بصحة جيدة سريريّاً. تمّ تقسيم الحيوانات إلى ثلاث مجموعات: المجموعة أ، المجموعة ب، المجموعة ج. جميع حيوانات المجموعة أ خضعت لجدولين تدريبيين مع أعباء عمل مختلفة. شاركت المجموعة ب في مسابقة رسمية للسرعة بطول

1600 متر، وشاركتُ المجموعة ج في مسابقة رسمية للسرعة بطول 2000 متر. تمَّ جمع عينات الدم من الوريد الوداجي من كلِّ حيوان في حالة الراحة، وبعد التدريب / المنافسة مباشرةً، وبعد 60 دقيقة من نهاية التمرين البدني والسباق. في كل مجموعة من المجموعات أ و ب و ج وتمَّ تسجيل التغيرات في: خلايا الدم الحمر، وخلايا الدم البيض، والهيموغلوبين، الهيماتوكريت، والصفائح الدموية عن طريق محلل آلي متعدد العوامل، وتركيزات الدهون الثلاثية، والغلوكوز، والكرياتينين، واليورينا، والجلوتامات بيروفات وكذلك تم تقييم الترانسامينازات، و ترانسامينازات الجلوتامات أوكسالو أسيتات باستخدام مقياس الطيف الضوئي. أشارت النتائج إلى أنَّ التدريب والسباق كان له تأثير معنوي على الاستجابات الفيزيولوجية للدم والعناصر البيوكيميائية حيث كانت متغيرات الدم والكيمياء الدموية ذات دلالات معنوية عند المقارنة بين المجموعات، حيثُ كان التأثيرُ متناسباً مع عبء العمل والجهد المبذول.

## ٦. دور الخلاصات النباتية ومجموعة فيتامين ب والعسل في تحسين الاستجابات الفيزيولوجية عند خيول السباق:

### ٦،١ أولاً الخلاصات النباتية: Plant Extracts

في البداية لا بدُّ من توضيح المفهوم العام لطب الأعشاب Herbal Medicine والذي يطلقُ عليه أيضاً "طب النبات" Phytomedicine وهو استخدامُ النباتات الطبية أو أجزاء منها أو خلاصاتها بأنواعها أو المواد الفعالة المعزولة منها للمساعدة في مكافحة العدوى أو علاج الأمراض وتحسين الصحة العامة (Li et., 2021). وقد أدرج العالمُ الفارسي ابن سينا الملقب أبو الطب في كتابه القانون في الطب أكثر من 800 نباتاً طبيّاً لعلاج الأمراض، وذكر العالم أبو بكر الرازي أنه "إذا استطاع الطبيب أن يعالج بالنبات دون الدواء فقد وافق السعادة" (Aligabi., 2020)، وهذا بحد ذاته نداء للعودة للماضي والبحث في أصول النباتات الطبية وجواهرها الفعالة وإجراء المزيد من الأبحاث العلمية عليها وتطويرها وفق التقدم العلمي المتاح حالياً (Ren et al., 2023)، وذلك من أجل تحقيق الرفاهية الطبية للإنسان والحيوان ودرءاً للأثار الجانبية التي لا تخفى على أحد في الأدوية المصنعة كيميائياً (Chaugule & Barve., 2023). وإنَّ استعمال الخلاصات النباتية في الخيول له خصوصيته التامة، حيث البحوث العلمية قليلة جداً، ونادراً ما نرى الأبحاث العلمية تتطرقُ بشكل فعال في آثار استخدام الخلاصات النباتية في الخيول، في المقابل نرى مالكي الخيول يستخدمون النباتات ومستخلصاتها بشكل عشوائي دون أي معرفة مبنية على الدليل العلمي وكذلك في الصيدليات البيطرية ومتاجر مستلزمات الخيول يتمُّ بيع العديد من العقاقير المصنعة من الخلاصات النباتية والمُكمّلات النباتية بدعوى تحسين الأداء الرياضي العام ومقاومة التعب ورفع المناعة وغيرها الكثير، ولكنَّ الأدلة العلمية لتأثيراتها الفيزيولوجية والبيولوجية الدوائية محدودةٌ للغاية عند الخيول (Elghandour et al., 2018). وبين الباحثُ (Lans et al., 2006) وزملاؤه الذي استعرضَ بيانات (80) نباتاً طبيّاً مُستخدماً في الطب الشعبي والتي استخدمها مالكو الخيول، وأفادَ بأنَّ المعلومات التاريخية الموجودة في قاعدة بيانات النباتات الطبية والبيانات الواردة من مالكي الخيول ليست موثوقة بالضرورة، ذلك لأنها تستندُ إلى رواياتٍ شخصيةٍ وتجارب فردية وليست حقائق أو أبحاث علمية. هذه العوامل وضعتُ الطبيب البيطري أمامَ عوائق مريبة لا حدَّ لها في استخدام العقاقير المصنعة من الخلاصات النباتية عند الخيول، لذلك فإنَّ زيادة الفهم والمعرفة المبنية على الدليل العلمي بشأن استخدام الخلاصات النباتية في الخيول قد يُبددُ المخاوف ويحدِّثُ الخرافة، وبالتالي الترويج لها كعقاقير طبية نباتية لتحسين الأداء الرياضي وكذلك تحسين صحة الخيول ورفاهيتها (Elghandour et al., 2018). وفي الآونة الأخيرة ازدادت شعبية فئة جديدة من المُكمّلات النباتية وتسمى مُكمّلات ما قبل

السباق متعددة المكونات Multi-Ingredient Pre-Workout Supplements ويُقصدُ من تناول هذه المكملات قبل السباق تحسين الإداء الرياضي أثناء النشاط البدني وتحسين الاستجابات الفيزيولوجية بعد السباق حيث تحتوي عادةً على مزيج من المكونات مثل الكافيين والكرياتين والعديد من الخلاصات النباتية والفيتامينات (Harty et al., 2018). حيث يؤدي الجمع بين الخلاصات والفيتامينات إلى إحداث تأثيرٍ تآزري للمواد الفعالة وتحسين أداء التمرين الشاق وتحسين ما يليه من استجابات وتكيفات (Jagim et al., 2019) وكذلك تقليل الآثار الضارة للإجهاد التأكسدي الناجم عن الجذور الحرة المتولدة أثناء السباق (Smarsh et al., 2010). وفي بحثنا هذا تمّ التعاون مع شركة الفارابي لتصنيع الأدوية البيطرية والزراعية وتمّ تحضير الخلاصات النباتية (الجنسينغ، الأملج، القولنجان، القسط الهندي وبذور الكرفس والخردل) ومجموعة فيتامين (B) وتحميلها على العسل وفق الشروط العلمية في مستحضر واحد. وبعد إجراء العديد من الدراسات التجريبية على حيوانات التجربة، وصلنا الآن إلى مرحلة تقييم المستحضر علمياً والتحقق من فعاليته عند الخيول. وبناءً على ذلك لا بدّ من إجراء دراسة مفصلة عن كل نبات ومعرفة المواد الفعالة فيه واستخداماته الطبية وتأثيره في الاستجابات الفيزيولوجية للخيول بالرغم من قلتها:

### ٦,١,١ الجينسنغ Ginseng:

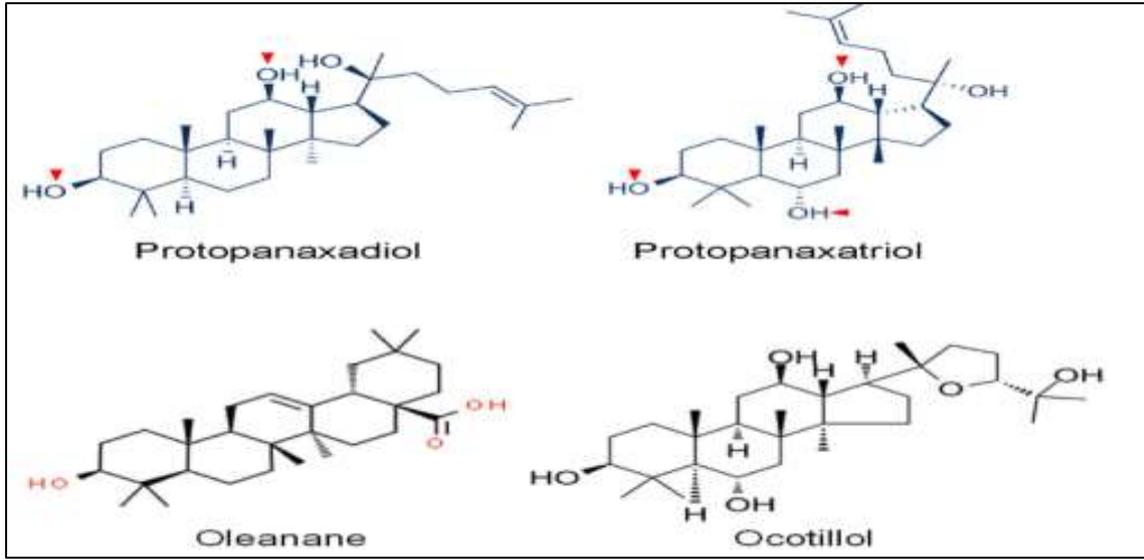
**التعريف بالنبات:** يُعتبرُ الجينسنغ ملك الأعشاب الطبية، وهو نباتٌ بري معمر ذاتي الإلقاح ينتمي إلى عائلة الأرابليات (Araliaceae) جنس (Panax) وله سبعة عشر نوعاً (Zhang et al., 2020).

**الاستخدامات التقليدية:** أُستخدم الجينسنغ في الطب الشعبي التقليدي منذ (5000) عام على نطاق واسع في شرق آسيا خاصة في الصين وكوريا واليابان، حيث استخدمَ الناس من تلك الأماكن جذر الجينسنغ وخلاصة الجينسنغ كمنشط لتخفيف التوتر والتعب وتقوية الجسم والدماغ ومنع الشيخوخة وزيادة النشاط البدني وتعزيز القدرة الجنسية وغيرها الكثير (Valdés-González et al., 2023; Choi., 2018).

**السمية والأمان:** أثبتت الدراسات التجريبية أنّ المستخلص المائي للجينسنغ آمن حتى جرعة 5000 ملغ/كغ من وزن الجسم وذلك عن طريق الفم في حين تعتبر الجرعة 1000 ملغ/كغ آمنة حقناً في الوريد والصفاق وذلك حسب لوائح المركز العالمي لبرنامج علم السموم الأميركي، بينما أظهرت الدراسات السمية المزمنة عن طريق إعطاء جرعات فموية يومية مقدارها 200 حتى 750 ملغ/كغ لمدة عامين لم تؤدي إلى ظهور أية أعراض سمية (Mancuso & Santangelo., 2022).

**الجواهر الفعالة في الجينسنغ:** يحتوي الجينسنغ على الفلافونيدات والكيغول والقلويدات والستيرويدات والمركبات الفينولية والجليكوزيدات والصابونينات وعديدات السكريد (Xu et al., 2023) وأنّ المكونات الفعالة والنشطة بيولوجياً المميزة للجينسنغ هي الجنتونين Gintonin، والجينسنوسيدات Ginsenosides وهي عبارة عن صابونينات ثلاثية التربينين Triterpene Saponins. وإنّ معظم الدراسات الدوائية والطبية للجينسنغ ركزت في المقام الأول على الجينسنوسيدات (Ratan et al., 2021). حتى الآن تمّ اكتشاف ما يقرب من 200 جينسنوسيد، والجينسنوسيدات الرئيسة تقسم إلى أربعة مجموعات: مجموعة البروتوباناكسادبول Protopanaxadiol ويطلق على مركباتها (Rb1 و Rb2 و Rb3 و Rc و Rd و Rg3 و Rh2 و Rs1) ومجموعة البروتوباناكساتريول Protopanaxatriol ويطلق على مركباتها (Re، Rf، Rg1، Rg2، Rh1) ومجموعة الأولينان Oleanane ومجموعة الأوكتيلول Ocotillool ويطلق عليها (R1، R2، RT4) (Yang et al., 2023; Luong et al., 2021)، هذه الجينسنوسيدات لها أنشطة دوائية متعددة الأوجه بسبب تركيبها الستيرويدية، والتي يمكن أن

تتفاعل مع القنوات الأيونية المرتبطة بالغشاء، والأغشية الخلوية، والمستقبلات خارج وداخل الخلايا، ونتيجة لذلك تسبب تغييرات في مستوى الخلايا (Ratan et al., 2021).



الشكل رقم (6): التركيب الكيميائي للجينسنوسيدات (Luong et al., 2021)

#### الخصائص العلاجية المبنية على الدليل العلمي:

أثبتت الدراسات التي أجريت على الخلاصات النباتية للجينسنغ بأنه يتمتع بخصائص دوائية وعلاجية لا حصر لها فهو حسب وصف الباحث (Zhang et al., 2020) دواء لكل داء. ولا يسعنا سرد ووصف جميع الأبحاث التي عملت عليه ولكن بشكل عام نبين أهم الخصائص العلاجية التي يتمتع بها وهي:

❖ **مضاد للأكسدة Antioxidant:** أثبتت الدراسات قدرة خلاصات الجينسنغ على محاربة الجذور الحرة وحماية الخلية من الإجهاد التأكسدي، وذلك من خلال رفع قدرة مضادات الأكسدة في الجسم المتمثلة بـ (SOD) و (CAT) و (GPx)، مقابل خفض قدرة المؤكسدات المتمثلة ببيروكسدة الدهون والمالون أدهيد MDA (Park et al., 2021).

❖ **يساهم في إنتاج الطاقة ATP:** أثبتت الدراسات أن الجينسنوسيدات تنظم العمليات الكيميائية الحيوية التي تتم في الخلايا لإنتاج الطاقة (Wang & Roh., 2020)، حيث أثبتت التجارب الخلوية أن الجينسنوسيد (RH4) يعمل على تحفيز عملية التحلل السكري الهوائية وإعاقة تشكل حمض اللاكتات وزيادة معدل امتصاص الأوكسجين الخلوي وبالتالي تحفيز دورة (TCA) وسلسلة نقل الإلكترون وبالتالي إنتاج الطاقة ATP ومنع حدوث الحمض Acidification داخل وخارج الخلية (Deng et al., 2020).

❖ **تأثيرات مضاد للتعب العام ومنشط للجسم Antifatigue Effects:** بينت الدراسات التي راجعها الباحث (Arring et al., 2018) وزملاؤه والتي بلغ عددها 149 بحثاً أن الجينسنغ علاج واعد للتعب ولا توجد مخاطر من استخدامه، حيث أثبتت الدراسات التي راجعها استخدام عدد كبير من الجرعات المستخلصة بطرق مختلفة وأن جرعة 500 ملغ/كغ من الخلاصة المائية كانت لها تأثير منشط للجسم، وأوصى الباحث بزيادة الأبحاث من أجل اعتماده كعلاج فعال للتعب.

❖ **مضاد للتعب العضلي:** أفادَ الباحثُ (Kim et al., 2022) وزملاؤه في دراسةٍ حديثةٍ تُبين تأثير مستخلصات التورين والجنسنغ على استقلاب الطاقة أثناء التمرين وخصائصهما المضادة للتعب العضلي عند الفئران، حيثُ وجدَ أنَّ جرعة 400 ملغ/كغ من الجنسنغ مع 300 ملغ/كغ تورين والتي تمَّ إعطاؤها قبل 30 دقيقة من سباق السباحة، وسحب العينات الدموية قبل السباحة وبعد السباحة مباشرةً وبعد 20 دقيقة من السباحة، عملتُ على تحسين الإداء الرياضي، وحدوث انخفاض معنوي ( $P<0.05$ ) في مؤشرات التعب العضلي المتمثلة بانخفاض اللاكتات واليوريا والأنزيمات الكبدية وزيادة معنوية ( $P<0.05$ ) في معدل استقلاب الغليكوجين الكبدي المتزامن مع زيادة السعة الهوائية القصوى  $\dot{V}O_2max$  مقابل انخفاض أكسدة الدهون.

❖ **مضاد للتعب المزمن:** أوضحَ الباحثُ (Yang et al., 2022) في مراجعةٍ منهجيةٍ سريريةٍ أنه يمكن استخدام جرعة 2 غم من الجنسنغ كمثل غذائي يومياً خلال ستة أسابيع لعلاج التعب المزمن ويتفق مع الباحث الذي استخدم جرعة 3 غم يومياً عند البشر (Sung et al., 2020).

❖ **التأثير على العناصر الدموية والبيوكيميائية:** أظهرت الدراسات قدرة خلاصات الجنسنغ وجرعات مختلفة على:

- تنظيم مستوى الغلوكوز في الدم وزيادة استقلاب الغليكوجين وزيادة إفراز الأنسولين وهذه الخاصية تعودُ لعديدات السكاريد polysaccharides (Guo et al., 2021).
- تنظيم مستوى الدهون في الدم حيث يخفض الشحوم الثلاثية والكوليستيرول الكلي ويعملُ على زيادة الكوليستيرول المفيد (Aminifard et al., 2021).
- تنظيم ضغط الدم وتحسين وظائف القلب والأوعية الدموية وتنظيم مستوى الكرياتين كايغاز وغيرها من الأنزيمات الأخرى من خلال كسح الجذور الحرة في عضلة القلب (Hyun et al., 2022).
- تحسين الإداء الرياضي في التمرين والسباق حيث تمَّ اكتشاف 21 مادة فعالة تعملُ على تنظيم مستوى الأدرينالين والمستقبلات الأدرينالينية (Kim et al., 2021).
- حماية الكبد من خلال تنظيم مستويات أنزيماته (AST,ALT,SDH,ALP,GGT) ، ويحسنُ مستوى البروتينات في الدم وأهمها الألبومين ALB، وينظم دور أنزيم اللاكتات ديهيدروجيناز (LDH)، وذلك من خلال قدرته المضادة للأكسدة (Ghavami et al., 2020).
- يخففُ من أضرار تلف القلب والعضلات بعد السباق من خلال تحسين مستويات أنزيم الكرياتين كايغاز القلبي (CPK) واللاكتات ديهيدروجيناز (LDH) (Bang et al., 2019).
- يحسنُ خصائص الإداء البدني: حيث يزيدُ قدرة المسارات الهوائية لإنتاج الطاقة، والسعة الهوائية القصوى، وقوة الاندفاع القصوى، وقوة العضلات على توليد الطاقة، والمقدرة على التحمل، ويخفضُ اللاكتات في الدم، وينظمُ معدل ضربات القلب والنبض (Salami et al., 2018).

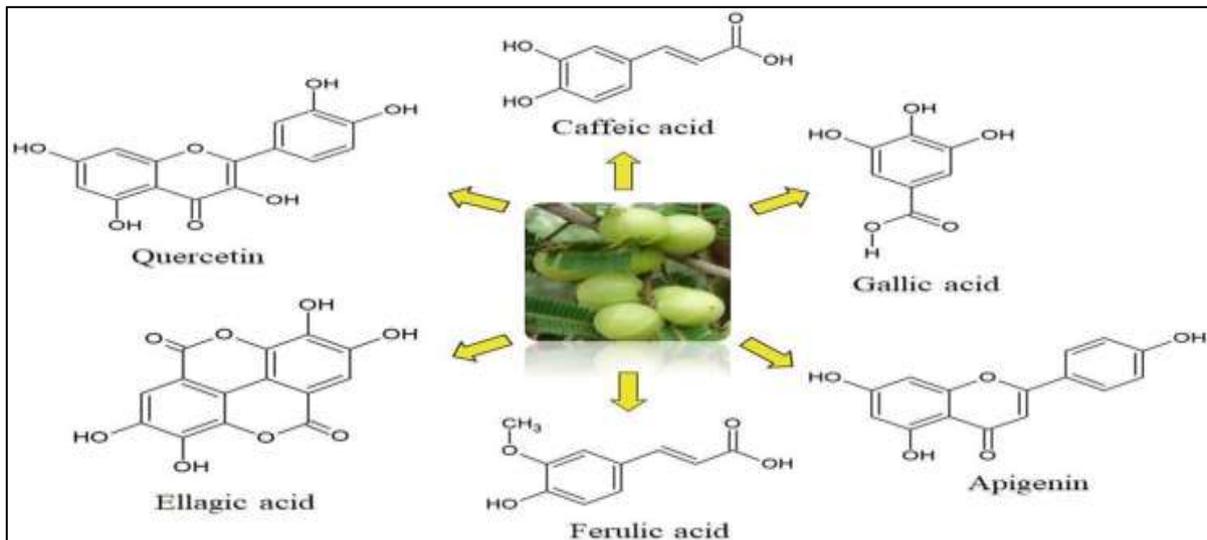
## ٦،١،٢ الأملج (L.) Phyllanthus:

**التعريف بالنبات:** هو أحد أكثر الأجناس في عائلة الأملجيات (Phyllanthaceae) انتشاراً، وله (11) نوعاً فرعياً (Sub-Genus) يضم أكثر من (700) نوع معروف عالمياً تشترك جميعها بنفس الخواص الدوائية، يتوزع خاصة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية (Tan et al., 2020; Saini et al., 2022; Unigwe & Okey., 2023).

**الاستخدامات التقليدية:** استخدم نباتات الأملج في الطب التقليدي لمعالجة العديد من الأمراض والاضطرابات مثل الإسهال، والزحار، والاستسقاء، وسيلان الأنف، ونزلات البرد، والنزف، والمغص، وعسر الهضم، والحمى المتناوبة، والتهاب الكبد، والملاريا كذلك الربو، وآلام المفاصل، وفقدان الشهية، والإمساك، وإصابات الجهاز العضلي والعظمي، وعتامة القرنية، والتهاب الملحمة، وداء السكري، والاستسقاء، والنقرس، وأمراض السيلان عند الذكور والإناث، والأمراض الالتهابية، وحكة الجلد، واضطرابات الكبد، وحصى الكلى والفشل الكلوي، الإفرازات المهبلية، التهاب المهبل، غزارة الطمث، عدم انتظام الدورة الشهرية عند الإناث، السمنة، الجرب، آلام المعدة، الأورام، حمى التيفوئيد والاضطرابات البولية التناسلية والالتهابات الفيروسية وغيرها الكثير (Tan et al., 2020; Saini et al., 2022).

**السمية والأمان:** أثبتت الدراسات التجريبية على الفئران أن المستخلص المائي للأملج آمن حتى جرعة 5000 ملغ/كغ من وزن الجسم، بينما أظهرت الدراسات السمية المزمنة عن طريق إعطاء جرعات فموية يومية مقدارها 300 و600 و1200 ملغ/كغ لمدة 270 يوماً لم تؤدي إلى ظهور أية أعراض سمية (Saini et al., 2022).

**الجواهر الفعالة في الأملج:** يحتوي النبات على العديد من الجواهر الفعالة: التربينات Terpenoids قلويدات alkaloids غليكوزيدات Glycosides فلافونويدات Flavonoids العفصيات Tannins وصابونين Saponins والمركبات الفينولية Phenolic Compounds (Tan et al., 2020; Xua et al., 2023) والمكونات الرئيسية للنبات تدعى فيلانثاسيدويد Phyllanthacidoid (Xin et al., 2021) والتي هي عبارة عن تانينات تم عزلها مع أكثر من 100 مركب فينولي وفلافونيدي لمعرفة نشاطها الدوائي في المختبر والجسم الحي (Nisar et al., 2019).



الشكل رقم (7): التركيب الكيميائي للمركبات الفينولية الفعالة في نبات الأملج (Kumar et al., 2022)

## الخصائص العلاجية المبينة على الدليل العلمي:

أثبتت الدراسات الحديثة أن الجواهر الفعالة الموجودة في نبات الأملج لها خصائص دوائية وعلاجية عديدة يأتي في مقدمتها:

❖ **حماية الكبد Hepatoprotective:** أظهرت الدراسات أن جرعة 200 - 400 ملغ/كغ من المستخلص المائي والكحولي للأملج عملت على ضبط مستويات الأسبارتات أمينو ترانسفيراز (AST)، ألانين أمينو ترانسفيراز (ALT)، الفوسفاتيز القلوي (ALP)، البيلوروبين الكلي (TB)، بيروكسيد الدهون (LPO)؛ وعملت على زيادة مستويات مضادات الأكسدة، الجلوتاثيون (GSH)، وسوبر أوكسيد ديسموتاز (SOD)، الكاتلاز (CAT) والجلوتاثيون بيروكسيديز (GPx) في الفئران المجهدة والمصابة بالتسمم الكبدي، وتعود هذه الخاصية إلى الفينولات والفلافونيدات ذات الخواص المضادة للأكسدة (Yin et al., 2021) وكانnt النتائج ماثلة بالجرعات 50 و 100 ملغ/كغ للمستخلص المائي (Ogunmoyole et al., 2020).

❖ **حماية الكلى Nephroprotective:** بينت الدراسات أن جرعة 100-400 ملغ/كغ تنشط وظائف الكلى، حيث أن المستخلص المائي والكحولي لتلك الجرعات أدى إلى انخفاض معنوي ( $P < 0.005$ ) في مستوى الكرياتينين واليوريا والبيلوروبين، وزيادة معنوية ( $P < 0.005$ ) في مضادة الأكسدة الكلوية وانخفاض معنوي ( $P < 0.005$ ) في المالنيل الدهيد الكلوي، وتحسين الصورة النسيجية للكلى، وذلك عند الفئران المصابة بالتسمم الكلوي (Ogunmoyole et al., 2020; Purena et al., 2018).

❖ **حماية القلب والأوعية الدموية Cardiovascular Protection:** بينت الدراسات أن الأملج له دور وقائي في حماية القلب من عوامل إجهاد مختلفة حيث بين الباحث (Putakala et al., 2017) وزملاؤه أن جرعات مختلفة من المستخلص المائي للأملج عملت على ضبط مستويات الدهون في الدم وكذلك بعض الأنزيمات مثل الكرياتين كايناز ونازعة السوربيتال وتحسين الصورة النسيجية للقلب وأفاد الباحث بأن ذلك يعود للمركبات الفينولية في النبات.

❖ **ينظم ضغط الدم:** بين الباحث (Niazi et al., 2020) أن جرعة 100 حتى 300 ملغ/كغ من المستخلص المائي أدت إلى تنظيم ضغط الدم وكذلك تحسين وظائف القلب الأنزيمية وكذلك تحسين وظائف الأوعية الدموية. وهذا يتعارض بشدة مع نتائج الباحث (Shanmugarajan et al., 2021) الذي استخدم جرعة 500 ملغ/كغ من المستخلص المائي عند البشر في دراسة سريرية على المصابين بضغط الدم ومشاكله المتعلقة به كمرض السكر وفرط شحوم الدم ولم يلاحظ تأثيرات معنوية وعلل ذلك بأن الجواهر الفعالة تختلف نسبتها باختلاف التربة والموسم ويمكن أن تكون الجرعة مفترقة إلى تلك المواد.

❖ **فعالية مضادة للأكسدة والالتهاب:** بين الباحث (Gul et al., 2023) أنه يمكن اعتبار تركيبة الكيمياء النباتية للأملج مصدراً مناسباً للمركبات ذات الفوائد الصحية وتعد خاصية مضاد الأكسدة من أقوى خاصيات النبات وذلك لإحتوائه على البوليفينولات الفعالة مع أدلة علمية تدعم التنشيط المباشر للتفاعلات المؤكسدة وتحفيز نظام الدفاع المضاد للأكسدة.

❖ **تأثيرات مُدرةً للبول Diuretic Effects:** والمحافظة على الجسم من اختلالات الكهارل والتغيرات الاستقلابية وتفعيل نظام الرينين أنجيوتنسين (RAS) واضطرابات الغدد الصماء والوظائف الجنسية ( Yao et al., 2018; Yao et al., 2016).

❖ **وله تأثيرات على وظائف الجهاز العصبي المركزي:** حيث يعمل على توفير الحماية للخلايا العصبية واضطرابات التنكس العصبي والتغيرات النسيجية العصبية (Uddin a et al., 2016)

❖ **وفعالية مناعية Immunomodulatory Effects:** حيث يعتبر معزز مناعي، ويعمل تعديل الاستجابة المناعية الخلوية والخلطية (Ahmad et al., 2021).

❖ **ويوفر الحماية من الضرر الاستقلابي في أنسجة الجسم ومضاد للسمنة** ( Ahmed et al., 2021; Berezi et al., 2017; Manjula & Norman., 2017).

❖ **التأثير على العناصر الدموية والبيوكيميائية:** أظهرت الدراسات قدرة خلاصات الأملج وجرعات مختلفة على:

- تنظيم مستوى الغلوكوز في الدم حيث بينت الدراسات قدرة المستخلصات المائية والكحولية للأملج على خفض مستوى الغلوكوز بجرعات 250,200,100 ملغ/كغ بعد ساعة واحدة من إعطاء المستخلص وذلك عند الفئران المصابة بداء السكري وكانت المقارنة مع دواء السكري غلبيناكلاميد glibenclamide بتركيز 20ملغ/كغ (Napapach et al., 2017; Tan et al., 2020).

- تنظيم مستوى الدهون الدم حيث بينت الدراسات أن جرعة 1-3 غرام يومياً من المستخلص المائي عند البشر المصابين بفرط شحوم الدم عملت على خفض مستوى الشحوم الثلاثية TG والكوليستيرول TC ومستوى البروتين الدهني منخفض الكثافة LDL ورفع مستوى البروتين الدهني مرتفع الكثافة HDL وذلك بعد ساعة من إعطاء المستخلص (Saini et al. 2022).

- يخفف من أضرار تلف القلب والعضلات بعد السباق من خلال تحسين مستويات أنزيم الكرياتين كاييناز القلبي (CPK) واللاكتات ديهيدروجيناز (LDH) وذلك نظراً لخواصه المضادة للالتهاب التي يتمتع بها (Golechha et al., 2014).

- منشط للجسم ومعدل لحموضة الدم حيث أثبتت التجارب قدرته على خفض مستوى اللاكتات الناتج عن المسارات اللاهوائية (Ahmad et al., 2021).

- تنظيم درجة حرارة الجسم وتسكين الألم الناتج عن التعب والأمراض الأخرى (Lim et al., 2016).

- ينشط الدورة الدموية ويعمل على ضبط العناصر الدموية مثل (RBC, Hb, HCT) ضمن الحدود الطبيعية (Ahmad et al., 2021).

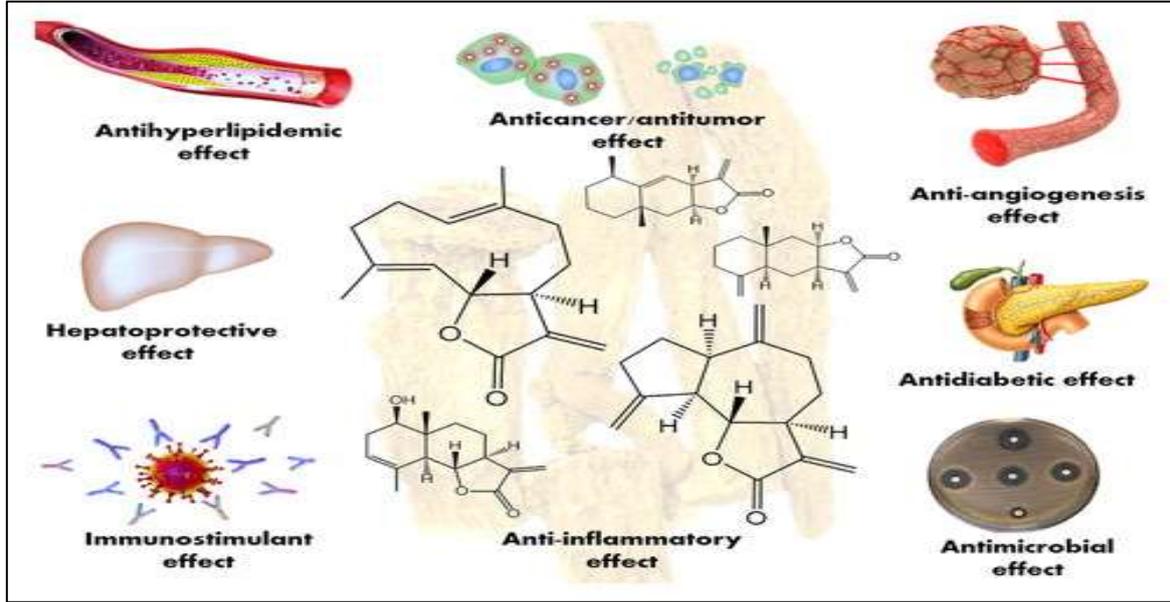
### ٦,١,٣ القسط الهندي *Saussurea costus*:

**التعريف بالنبات:** يندرج نبات القسط الهندي إلى رتبة الزنجبيليات Zingiberales عائلة القسطيات Costaceae فوق رتبة النجمية (الزنبقاويات) Asteraceae والذي يضم ما يقارب من 1000 جنس و30000 نوع موزعة في جميع أنحاء العالم، منها ما يقرب من 177 جنساً و1052 نوعاً موجوداً في الهند وهو أفضلها (Nadda et al., 2020).

**الاستخدامات التقليدية:** تم استخدام نباتات القسط الهندي في الطب التقليدي لمعالجة العديد من الأمراض والاضطرابات حيث تستخدم جذوره بشكل أساسي كمضاد للتشنج العضلي والربو والسعال وكذلك في علاج الكوليرا والأمراض الجلدية المزمنة والروماتيزم. كما تستخدم مستخلصاته المختلفة لعلاج الملاريا، والجذام، والحازوقة المستمرة، والروماتيزم، ومقوي للشعر، وآلام المعدة، وآلام العضلات، وآلام الأسنان، وحمى التيفوئيد، والنقرس، ومقوي للدم، ومقوي جنسي للذكور، ومنشط للجسم وكذلك يستخدم لعلاج التهاب المعدة والقرحة والإسهال والحساسية والسعال والتهاب الحلق والصرع وآلام المفاصل والتيفوئيد وجرب فروة الرأس وأمراض الكلى والكبد ومضاد للتعب (Pandey et al., 2017; Nadda et al., 2020).

**السمية والأمان:** أظهرت الدراسات التجريبية أن كل 2 غ/كغ من الخلاصة المائية للقسط الهندي تحوي على 0.015 غ من Costunolide و0.072 من Dehydrocostus Lactone وأن النبات آمن حتى الجرعة 3000 ملغ/كغ (Abouelwafa et al., 2023; Liu et al., 2021).

**الجواهر الفعالة في القسط الهندي:** كشف التحليل الكيميائي النباتي لخلاصات القسط الهندي المائية عن وجود ثمانية وأربعين مادة كيميائية، أظهرت جميعها خصائص دوائية محددة ومماثلة للمركبات المعروفة في مكتبة المعهد الوطني للمعايير الدوائية والتكنولوجيا الأمريكي (NIST)، ووفقاً للبيانات، تمثل الأحماض الدهنية أعلى نسبة من المواد الكيميائية النباتية بنسبة 73.8%، يليها العفص بنسبة 8.2%، والكربوهيدرات بنسبة 6.9%، والتيربينويدات بنسبة 4.3%، والأحماض الكربوكسيلية بنسبة 2.5%، والهيدروكربونات بنسبة 2.4%، والستيرول بنسبة 1.5%. وتمثل المركبات الفينولية أقل نسبة من المواد الكيميائية النباتية، حيث تبلغ 0.2% والسكريات المختزلة والعفصيات والراتجات والزيوت الأساسية 1.39% والقلويدات 0.05% (Pandey et al., 2017; Nadda et al., 2020; Idriss et al., 2022)، في حين تم عزل العديد من المركبات الفعالة من النبات وأهمها (Costunolide and Dehydrocostus Lactone) والتي تعتبر من أهم الجواهر الفعالة في النبات وذلك لخواصها الدوائية العديدة (Abouelwafa et al., 2023) وكذلك تم عزل الأنولينات (Inulins) (Viswanathan & Kulkarni., 2021).



الشكل رقم (8): الجواهر الفعالة في القسط الهندي وخصائصه العلاجية (Abouelwafa et al., 2023)

### الخصائص العلاجية المبنية على الدليل العلمي:

أثبتت الدراسات الحديثة أن الجواهر الفعالة الموجودة في نبات القسط الهندي لها خصائص دوائية وعلاجية عديدة منها:

- ❖ **مضاد للالتهابات Anti-inflammatory:** أثبتت الدراسات أن الخلاصة المائية للقسط الهندي تعمل على تخفيف الألم والتهابات الجسم وذلك عن طريق تثبيط إنزيم السيكلوأكسجيناز (COX) والذي يساهم في إنتاج البروستاغلاندينات، وهي مركبات تسبب الألم والالتهاب (Idriss et al., 2022; Damre et al., 2003; Matsuda et al., 2003).
- ❖ **معدل ورافع مناعة:** أظهرت الدراسات أن خلاصة القسط الهندي عملت كمنشط للخلايا اللمفاوية التائية وذلك في حالات الإصابات الالتهابية من خلال منع الزيادة في فسفرة التيروسين استجابةً للتشابك لمستقبلات الخلايا التائية (Taniguchi et al., 1995).
- ❖ **حماية المعدة من الالتهابات والقرحات Gastritis and ulceration:** حيث أثبتت الدراسات قدرة الخلاصة المائية للقسط الهندي بتركيز 500 ملغ/كغ على حماية المعدة من خلال تأثير الخلاصة على إفراز الحموض المعدية (Matsuda et al., 2000; Nadda et al., 2020).
- ❖ **مضاد للالتهابات الجهاز التنفسي والربو Respiratory Inflammation and Asthma:** بينت الدراسات أن جرعة 10 ميكرو ليتر من الجواهر الفعالة مثل لاکتون ديهيدروكوستوس، والكوستونوليد والألانترولكتون في القسط الهندي عملت على التعبير عن الخلايا المناعية: الحمضات، والبلاعم، والخلايا اللمفاوية، وإفراز السيبتوكينات في النسيج الرئوي وأفاد الباحث أن هذا ما يبرر استخدام النبات كموسع الشعب الهوائية، ومضادات الهيستامين، ومعدل للمخاط (Lee et al., 2018).

❖ **مبثطات الجهاز العصبي المركزي CNS Depressant**: بينت العديد من الدراسات قدرة القسط الهندي على خفض درجة حرارة الجسم بعد النشاط الحركي المكثف وكذلك تخفيف الألم الناتج عن ذلك النشاط الحركي وذلك من خلال قدرته على تعديل مراكز الألم في الجهاز العصبي وتلك الخاصية تعود إلى لاكتون ديهيدروكوستوس وكوستونوليد (Kour et al., 2013; Pandey et al., 2017).

❖ **زيادة النشاط الحركي العضلي**: أفادت الدراسات أن القسط الهندي منشط طبيعي للجسم نظراً لما يتمتع بخواص لها دور في زيادة قدرة العضلات على الاستقلاب (Kour et al., 2013).

❖ **التأثير على العناصر الدموية والبيوكيميائية**: أظهرت الدراسات قدرة خلاصات القسط الهندي وبجرعات مختلفة على:

- تنظيم مستوى نشاط أنزيمات ناقلة أمين الأسبارتات (AST) وناقلة أمين الألتين (ALT) والفوسفاتاز القلوي (ALP) وحماية الكبد من العديد من الاضطرابات مثل الكبد الدهني وذلك بجرعات من 150ملغ/كغ حتى 600 ملغ/كغ وتلك الخاصية تعود لمضادات الأكسدة والالتهاب التي يتمتع بها القسط الهندي (Al-Duais & Al-Awthan., 2017; Yaesh et al., 2010).

- تنظيم مستوى الغلوكوز خلال الأنشطة الرياضية المتعددة وكذلك عند المرضى الذين يعانون من مرض السكري وذلك بجرعات من 200 ملغ/كغ حتى 1000 ملغ/كغ وتلك الخاصية تعود إلى لاكتون ديهيدروكوستوس، والكوستونوليد والألانتولاكتون الجواهر الفعالة في النبات (Pandey et al., 2017).

- تنظيم مستوى الدهون في الجسم مثل الكوليستيرول والشحوم الثلاثية والبروتينات الدهنية منخفضة ومرتفعة الكثافة وكذلك الكرياتينين واليوريا وذلك بجرعة 200 ملغ/كغ (Abouelwafa et al., 2023).

- تنظيم مستوى البارامترات الدموية مثل عدد الكريات الحمر وتركيز الهيموغلوبين و الهيماتوكريت وغيرها (Pandey et al., 2017; Nadda et al., 2020).

- يخفف من أضرار تلف القلب والعضلات بعد السباق من خلال تنظيم مستويات أنزيم الكرياتين كايغاز CK واللاكتات ديهيدروجيناز LDH (Pandey et al., 2017; Nadda et al., 2020).

- يحسن خصائص الإداء البدني: حيث يزيد قدرة المسارات الهوائية لإنتاج الطاقة، والسعة الهوائية القصوى، وقوة الاندفاع القصوى، وقوة العضلات على توليد الطاقة، والمقدرة على التحمل، ويخفض اللاكتات في الدم، وينظم معدل ضربات القلب والنبض (Nadda et al., 2020; Abouelwafa et al., 2023).

- تنظيم ضغط الدم والنبض الشرياني وتحسين وظائف القلب والأوعية الدموية وتنظيم مستوى الكرياتين كايغاز وغيرها من الأنزيمات الأخرى من خلال الجواهر الفعالة التي يتمتع بها (Abouelwafa et al., 2023; Nadda et al., 2020).

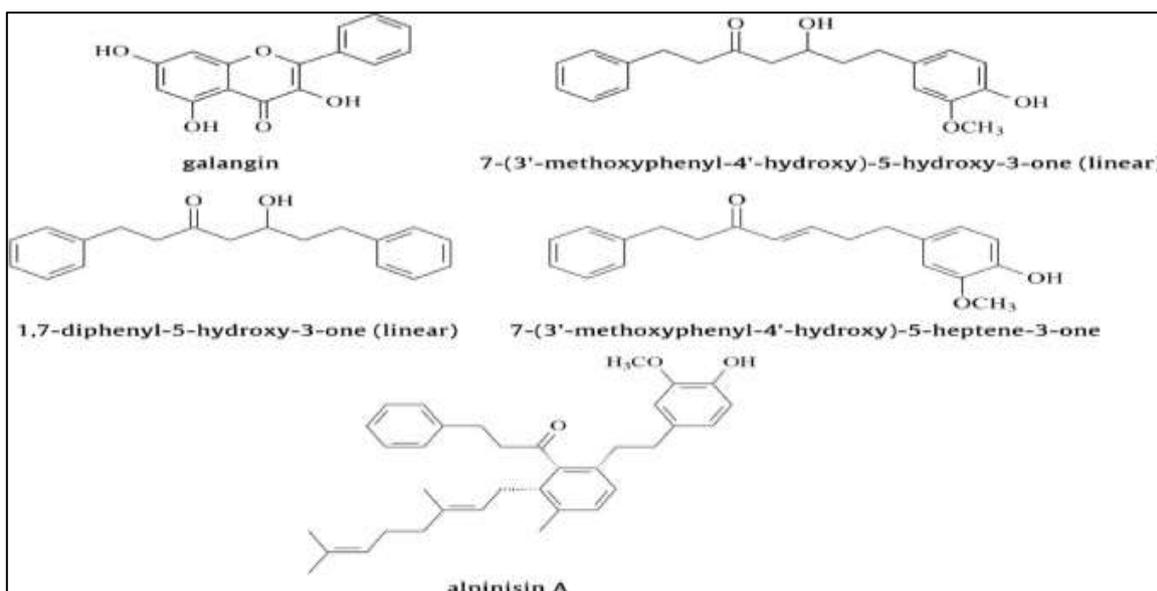
#### ٦،١،٤ الخولنجان (القولنجان) (*Alpinia officinarum* Galangal):

**التعريف بالنبات:** يندرجُ القولنجان تحت فصيلة (*Alpinia*) وهو إحدى أنواع العائلة الزنجبيلية (*Zingiberaceae*) والتي تضمُ (50) جنساً و(1600) نوعاً، على الرغم من أن حوالي (22) جنساً و(170) نوعاً توجد حصرياً في الهند (Bitari et al., 2023; Lim., 2016). والقولنجان نبات عشبي معمر ذو جذور عريضة بنية ينمو في المناطق المدارية الرطبة ذات الرطوبة العالية نسبياً (Bitari et al., 2023)، وبشكلٍ عام تعتبر أنواعه جميعها آمنة بسبب استخداماتها غير الطبية كتوابل غذائية ومنكهات (Ahmad et al., 2023) وله أسماء شائعة كثيرة منها الخولنجان الصغير، الزنجبيل الهندي، الزنجبيل الصيني وغيرها (Bitari et al., 2023)، ومع اختلاف الأسماء والأنواع إلا أنها جميعها تشترك بنفس التركيب والخواص العلاجية (Das et al., 2020).

**الاستخدامات التقليدية:** وقد استخدمَ نبات القولنجان في الطبِّ التقليدي لمعالجة العديد من الأمراض والاضطرابات مثل البواسير، الضعف العام (الوهن)، مدر للحليب، تنقية الدم من السموم، النعف، تسوس الأسنان، الطمث غير المنتظم، آلام البطن، انتفاخ البطن، التهاب الحلق، وما إلى ذلك، وكذلك التهاب الأعضاء التناسلية الأنثوية وضعف العضلات الهيكلية، ولعلاج البرد (الأنفلونزا) ومنشط للجسم ولزيادة الوزن، واضطرابات الجهاز التنفسي والجهاز الهضمي، كما يستخدم النبات لعلاج عقم الإناث وعلاج الروماتيزم. ومضاد السعال والأمراض الجلدية، ويستخدم لعلاج الملاريا، وآلام في المعدة، وعسر الهضم، وكغسول للفم، وضد سلس البول الليلي ولعلاج حالات التشنج العضلي بالإضافة إلى ذلك، مرض السكري وأمراض القلب والصرع (Abubakar et al., 2018; Ding et al., 2019; Ahmad et al., 2023).

**السمية والأمان:** أظهرت الدراسات التجريبية أن الخلاصة المائية للقولنجان آمنة من الجرعة 1.338 غ/كغ حتى الجرعة 10.641 غ/كغ، بينما أظهرت الدراسة السمية للجرعة القاتلة للنصف  $LD_{50}$  أنه هناك آثار جانبية عند تناول الخلاصة المائية الساخنة بجرعات أعلى من الجرعات الآمنة (Ding et al., 2019; Bitari et al., 2023)، إما بالنسبة للجرعة السمية للجالانجين الذي يعتبر الفلافونيد الرئيسي في خلاصات القولنجان فلم يلاحظ أي سمية على حيوانات التجربة حتى في جرعاتٍ أعلى من 40 ميكرو غرام/ مل حقناً بالوريد أو بالصفاق (Zhang et al., 2023).

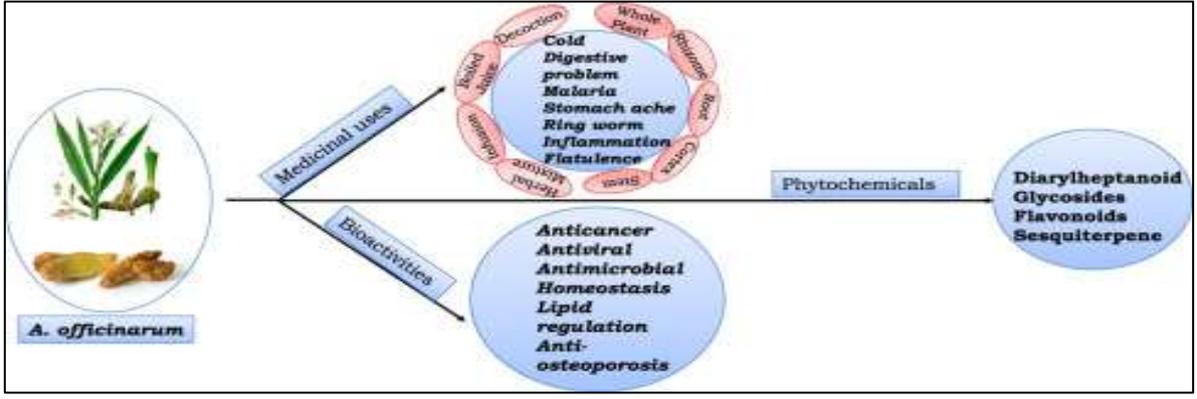
**الجواهر الفعالة في القولنجان:** يحوي النبات على العديد من الجواهر الفعالة: التربينات Terpenoids، قلويدات Alkaloids، غليكوزيدات Glycosides، فلافونويدات Flavonoids، العفصيات Tannins، وصابونين Saponins (Ahmad et al., 2023; Ding et al., 2019; Abubakar et al., 2018; Ly et al., 2002) حيث تمَّ عزل (66-74) غليكوزيد (Ly et al., 2002) و (75) فلافونيد (Shin et al., 2003; Wu et al., 2023) و(76-77) كومارين و(78-82) مركب فينولي (Abubakar et al., 2018). ولكن أهم الجواهر الفعالة التي ركزت عليها الدراسات هي: دياريل هيبتانويد Diarylheptanoid والجليكوزيدات Glycosides والفلافونيدات Flavonoids وأهمها: الجالانجين Galangin والسيكويترينين (Ahmad et al., 2023; Wu et al., 2023; Ding et al., 2019).



الشكل رقم (9): التركيب الكيميائي لبعض الجواهر الفعالة في القولنجان (Ding et al. 2019)

الخصائص العلاجية المبينة على الدليل العلمي:

أثبتت الدراسات الحديثة أن الجواهر الفعالة الموجودة في نبات القولنجان لها خصائص دوائية وعلاجية عديدة منها: مضاد للسرطان (Anticancer activity) (Dong et al., 2015; Wang et al., 2017)، وفعالية مضادة للجراثيم (Antimicrobial activity) (Lakshmanan et al., 2017; Fu et al., 2022)، وفعالية مضادة للفيروسات (Antiviral activity) (Sawamura et al., 2010)، ونشاط معدل للمناعة (Ni et al., 2022)، وفعالية مضادة للأكسدة ومضادة للالتهابات (Anti-inflammatory and Antioxidant activity) (Honmore et al., 2016; Ahmad et al., 2023)، وفعالية مضادة لهشاشة العظام (Antiosteoporosis) (Shim et al., 2016)، وفعالية لتحقيق الاستتباب في أعضاء الجسم وخاصةً في حالات النزيف واختلال الشوارد (Beyazit et al., 2011; Cancan et al., 2009; Akgul et al., 2009; Aktaş et al., 2013; Aysan et al., 2010; Kurtaran et al., 2010; Purnak et al., 2014; Cipil et al., 2009; İşler et al., 2010; Kurt et al., 2010)، وله فعالية في تنظيم دهون الجسم (Lin et al., 2015)، وموسع وعائي (Morello et al., 2006) وحماية الجهاز العصبي (Liu et al., 2020)، وله تأثيرات على حماية الكبد (Niazvand et al., 2023) وحماية جهاز الدوران من تراكم الجذور الحرة (Javaid et al., 2021) وحماية الخلايا العصبية من السموم (Huang et al., 2016).



الشكل رقم (10): الخصائص العلاجية للقولنجان تحت تأثير الجواهر الفعالة للنبات (Abubakar et al., 2018)

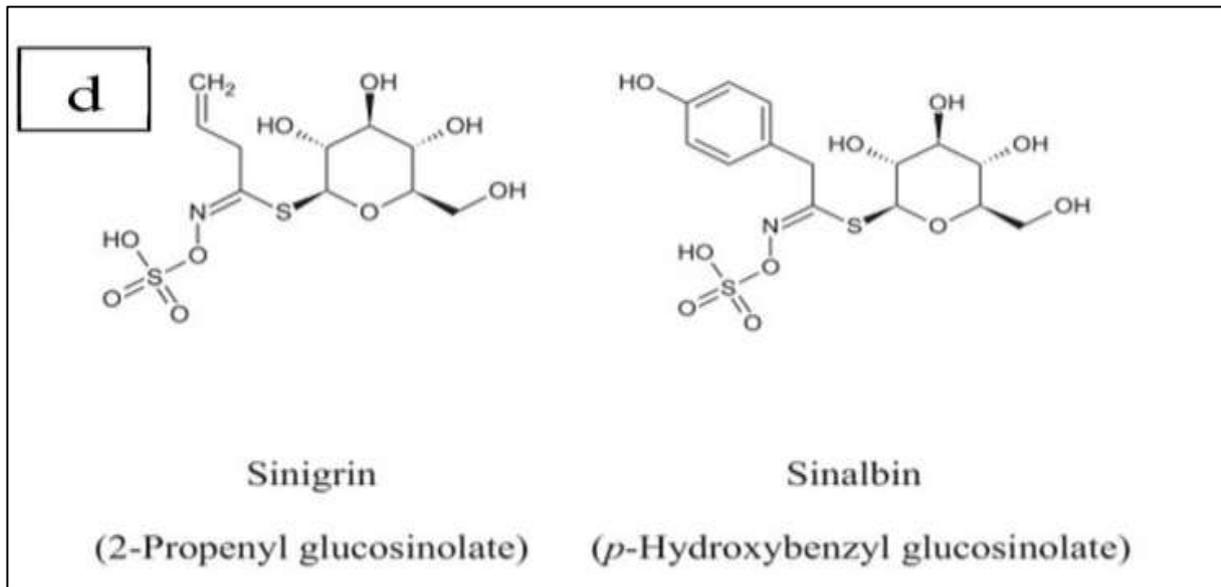
التأثير على العناصر الدموية والبيوكيميائية: أظهرت الدراسات قدرة خلاصات القولنجان وبجرعات مختلفة على:

- تنظيم مستوى الجلوكوز في الدم وزيادة استقلاب الغليكوجين وتنظيم إفراز الأنسولين وهذه الخاصية تعود إلى الغليكوزيدات والفلافونيدات وأهمها الجالانجين (Putra et al., 2023).
- تنظيم مستوى الدهون في الدم حيث يخفض الشحوم الثلاثية والكوليستيرول الكلي ويعمل على زيادة الكوليستيرول المفيد وتلك الخاصية تعود إلى البولي فينولات (Heidari et al., 2022).
- تنظيم ضغط الدم وتحسين وظائف القلب والأوعية الدموية وتنظيم مستوى الكرياتين كايغاز وغيرها من الأنزيمات الأخرى من خلال كسح الجذور الحرة في عضلة القلب، وبذلك يعمل على حماية القلب والأوعية الدموية، ويعود ذلك ربما لخاصيته المدرة للبول (Javaid et al., 2021).
- تعزيز عملية الاستقلاب الهوائي وتثبيت تحلل السكر اللاهوائي وبالتالي خفض مستوى تركيز اللاكتات المتراكم وتلك الخاصية تعود إلى الجالانجين Galangin إحدى الفلافونيدات الرئيسية في نبات القولنجان (Wang et al., 2017; Zhang et al., 2023).
- ينظم نشاط إنزيم البيروفيت كيناز الذي يحد من معدل تحلل السكر اللاهوائي الأمر الذي يقود لتنظيم مستوى تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز وتلك الخاصية تعود إلى الجالانجين Galangin (Wang et al., 2017; Zhang et al., 2023).
- يعمل الجالانجين على إحداث تغييرات تعبيرات البريوفات كيناز والعديد من البروتينات الرئيسية المرتبطة بمسار تحلل السكر وبالتالي تنظيم مستوى الكرياتين كايغاز وبالتالي تحسين الإداء الرياضي في التمرين والسباق وتلك الخاصية تعود إلى الجالانجين Galangin (Wang et al., 2017; Zhang et al., 2023).
- حماية الكبد من خلال تنظيم مستويات أنزيماته AST,ALT,SDH,ALP,GGT، ويحسن مستوى البروتينات في الدم وأهمها الألبومين ALB، وينظم دور أنزيم اللاكتات ديهيدروجيناز LDH، وذلك من خلال قدرته المضادة للأكسدة (Heidari et al., 2022).

## ٦,١,٥ بذور الخردل Mustard Seeds:

**التعريف بالنبات:** نبات حولي من عائلة الكرنبيات Brassicaceae من رتبة Brassicales والمشار إليها سابقاً باسم الصليبيات Capparales وله أكثر من 330 جنساً وأكثر من 3700 نوعاً موزعة في جميع أنحاء العالم ، أكثرها انتشاراً وشيوعاً الخردل الأبيض *Brassica nigra* والخردل الأسود *Brassica alba* والخردل البني *Brassica juncea* حيث تشترك جميع أنواع البذور بنفس الخواص العلاجية، وبذور الخردل هي واحدة من أقدم التوابل المستخدمة عبر التاريخ وزراعتها يعود تاريخها إلى أكثر من (5000) عام، و أن أهم الخصائص البارزة لهذه العائلة هي السبلات الكأسية الأربعة في وسط الزهور متبوعة بأربع بتلات متناوبة مرتبة في شكل مقاطع في إشارة إلى اسم العائلة القديم Cruciferae، ويعد وجود مركبات الكبريت العضوي أيضاً سمة فريدة لهذه العائلة النباتية (Vijayaram et al., 2023; Das et al., 2022; Lietzow., 2021).

**الجواهر الفعالة في الخردل:** تحتوي بذور الخردل على العديد من الجواهر الفعالة والتي تعد ذات فعالية طبية وغذائية عالية وهي: الفيتامينات، المعادن، الألياف الغذائية، الكلوروفيل، الفلافونيدات والكمفرول والقلويدات والستيرويدات والجلوكوزينات (ومنتجات تحللها) وأحماض أوميغا 3 الدهنية، البوليفينول والمكونات المتطايرة (أليل إيزوثيوسيانات، ٣-بوتيل إيزوثيوسيانات، إلخ) (Tian & Deng., 2020). وأن المكونات الفعالة والنشطة بيولوجياً المميزة لبذور الخردل هي العفصيات والجليكوزيدات والمنتجات النباتية الثانوية Secondary Plant substances وأهمها: الغلايكوسينولات وهي من الغلايكوسينولات الكبريتية S-glycosides، وهناك نوعان من الغلايكوسينولات وهي Sinlpin وتوجد في بذور الخردل الأبيض وال Sinigrin والتي توجد في بذور الخردل الأسود وهذه يمكن أن تتحلل بواسطة أنزيم Myrosinase (Thioglucoside glucohydrolase) وتنتج (Allyl isothiocyanate, 4-hydroxybenzyl isothiocyanate and p-hydroxybenzyl isothiocyanate) المسؤولة عن النكهة والطعم اللاذع والحر في الفم (Vijayaram et al., 2023; Das et al., 2022; Lietzow, 2021). ويتأثر المحتوى والتركيبي الكيميائي الدقيق لهذه المواد الكيميائية النباتية بتنوع النباتات وبيئة النمو وعملية الاستخراج وطرق تجهيز الأغذية (Tian & Deng., 2020).



**الشكل رقم (11): التركيب الكيميائي لأهم الجواهر الفعالة في بذور الخردل (Virk et al., 2023)**

## الخصائص العلاجية المبنية على الدليل العلمي:

أثبتت الدراسات الحديثة أنّ الجواهر الفعالة الموجودة في بذور الخردل لها خصائص دوائية وعلاجية عديدة منها: فعالية مضادة للأكسدة (Tian & Deng., 2020; Nguyen et al., 2023) وفعالية مضادة للجراثيم (Antimicrobial activity) (Grygier et al., 2022; Sarfraz et al., 2023; Bajpai et al., 2023) وفعالية مضادة لداء السكري (Anti-diabetic activity) (Sahu et al., 2020; Paul et al., 2021) ويعالج أعراض نقص فيتامين C بسبب الكميات الوفيرة منه الموجودة في النبات (Duke., 2002)، وفعالية مُدرة للبول (Diuretic activity) (Shankar et al., 2019) ومقشع (Expectorant activity) ، وفعالية منبهة ومنشطة للجسم (Stimulant activity) (Renwick., 2002)، ونشاط مسكن للألم (Analgesic activity) (Duke., 1983)، وله فعالية في نزلات البرد والأنفلونزا (Activity in cold and flu) وفعالية مضادة لإحتقان الأنف والزركام ومفيد في حالة التهاب الشعب الهوائية التنفسية (Bronchitis) (Quattrocchi., 2016)، وفعالية مضادة للسرطان (Anticancer activity) (Patil & Patel., 2023; Saengha et al., 2021) وملين للأمعاء و مسكن للآلام العصبية (Pengelly., 2004) ونشاط مضاد للتشنج وحماية الخلايا العصبية (Obeagu et al., 2015) ويستخدم في حماية الكبد والكلية (Lazarides et al., 1997) ونشاط مضاد للالتهابات (Anti-inflammatory activity) (Bajpai et al., 2023) وفتح شهية ومنشط للهضم (Angelo and Boufford., 2011) ويستخدم زيت البذور للأمراض الجلدية وغيرها (Akhtar & Khan ., 2023).

## التأثير على العناصر الدموية والبيوكيميائية: أظهرت الدراسات قدرة خلاصات بذور الخردل وجرعات مختلفة على:

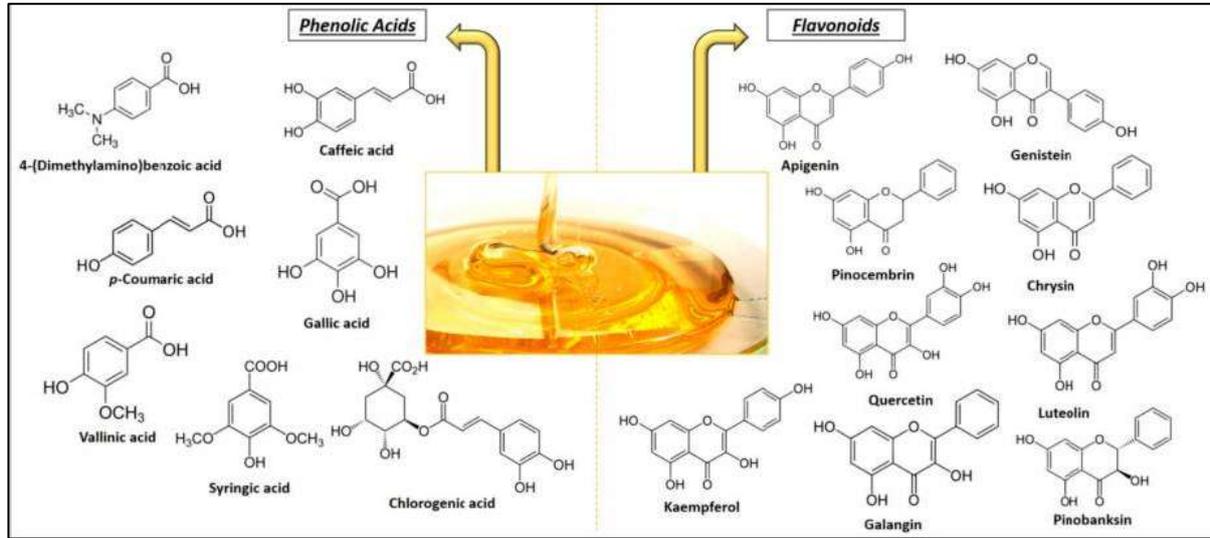
- تنظيم ضغط الدم وتحسين وظائف القلب والأوعية الدموية وتنظيم مستوى الكرياتين كايماز وغيرها من الأنزيمات الأخرى من خلال كسح الجذور الحرة، وبذلك يعمل على حماية القلب والأوعية الدموية، ويعود ذلك لخواصه المضادة للأكسدة ولخاصيته المدرة للبول (Shankar et al., 2019).
- تنظيم مستوى الدهون في الدم حيث يعدل الشحوم الثلاثية والكوليستيرول الكلي ويعمل على زيادة الكوليستيرول المفيد وتلك الخاصة تعود إلى أحماض أوميغا 3 الدهنية والبوليفينول (Das et al., 2022; Paul et al., 2021).
- تنظيم مستوى الغلوكوز في الدم وزيادة استقلاب الغليكوجين وتنظيم إفراز الأنسولين وهذه الخاصية تعود إلى الغلايكوسينولات وأهمها Sinslpin (Paul et al., 2021; Chodkowska et al., 2022).
- تحسين المؤشرات الدموية المتمثلة ب عدد الكريات الحمر وخضاب الدم والهيماتوكريت وعدد الكريات البيض والصفائح الدموية، وتعود تلك الخاصية إلى الفلافونيدات والفيتامينات والقلويدات التي لها دور كبير في كسح الجذور الحرة (Asaad & Razooqi., 2022).
- تنظيم مستويات مؤشرات الكلى والكبد المتمثلة باليوريا والكرياتين وحمض البول وأنزيمات الكبد (SGOT-SGPT) وذلك لما يتمتع به النبات من خواص مضادة للأكسدة (Paul et al., 2021).
- تنظيم مستوى اللاكتات والكرياتين كايماز ورفع مستوى مضادات الأكسدة والميوكينايزات المسؤلة عن الالتهاب في العضلات مما يشير إلى تحسين الإداء الرياضي للخيول (Chodkowska et al., 2022).

**التعريف بالعسل:** مادة سكرية طبيعية حُلوة المذاق لونها كهرماني في الغالب، يُخْرَجُهَا النحل من بُطُونِهِ مِمَّا يَجْمَعُهُ من رحيق الأزهار، وهو غذاءٌ هامٌ يحتوي على الكربوهيدرات والأنزيمات والأحماض الأمينية والفيتامينات ومعادن متنوعة وغيرها من المغذيات (Nikhat & Fazil., 2022; Al-Kafaween et al., 2023). يتمُّ تصنيع العسل من رحيق الأزهار الذي تجمعه عاملات النحل من الأزهار المتنوعة والمنتشرة في حدود المراعي حول المنحل، وبعد أن يتحوّل هذا الرحيق عبر عمليات الهضم الجزئي إلى سائل سكري يُخزن في العيون السداسية ويُختم عليه بأغطية شمعية (Ben Amor et al., 2022).

### الجواهر الفعالة في العسل:

يحتوي عسل النحل على الكربوهيدرات، والأحماض الأمينية، والبروتينات، والأنزيمات، والأحماض العضوية، والفيتامينات والمعادن، والفلافونويدات، والأحماض الفينولية، وأحماض عضوية أخرى بالإضافة إلى مركبات كيميائية نباتية أخرى (Ben Amor et al., 2022)، وتكوّن جميع الجواهر الفعالة بشكل مركبات كيميائية نباتية ويطلق عليها بالنواتج الطبيعية Natural Products، ويعدُّ العسل من أهم المنتجات الغذائية الطبيعية الفريدة الذي ينفردُ باحتوائه على مركبات فعالة مشتقة من مصدرين طبيعيين رئيسيين هما النبات والنحل (Al-Kafaween et al., 2023). تعدُّ الكربوهيدرات المكونات الرئيسية لجميع أنواع العسل، وتوجد بتركيز حوالي 95% من وزن العسل الجاف، ويوجدُ الجلوكوز والفركتوز بكميات أكبر من باقي الكربوهيدرات، ويساهمان بشكل أساسي في القيمة الغذائية والخصائص الفيزيائية للعسل، مثل الرطوبة، والتبلور، واللزوجة (Cianciosi et al., 2018). ويعدُّ تركيز الجلوكوز والفركتوز والعلاقة بينهما أحد عوامل التصنيف الرئيسية التي تكشف العسل المغشوش (Li et al., 2023). ومن بين الكربوهيدرات الأخرى: المالتوز، والسكروز، والتورانوز، والإيزومالتوز، والسيلوبوز، والأيزوبانوز، والعديد من الأنواع الأخرى بكميات وتراكيز مختلفة (Lazarević et al., 2017). بينما قد تمَّ تحديد ما يقرب من 71 بروتيناً مختلفاً في أنواع مختلفة من عينات العسل وتكون بشكل رئيسي على هيئة أحماض أمينية وأنزيمات ما عدا الأسبارجين والغلوتامين التي تكون بشكل حر (Young & Blundell., 2023). وإن الحمض الأميني الرئيس في العسل هو البرولين وتكون نسبته 50-85% من نسبة الأحماض الأمينية وينتج بشكل أساسي من الإفرازات اللعابية للنحل (Cianciosi et al., 2018). ومن الأحماض الأمينية الأخرى: الألانين، فينيل ألانين، التيروسين، حمض الجلوتاميك، الأيزوليوسن، والليوسين (Cianciosi et al., 2018; Young & Blundell., 2023). وإن الأنزيمات الرئيسية في العسل هي دياستاز Diastase وغلوكوز أوكسيديز Glucose Oxidase وإنفيرتيز Invertase، الدياستازات هي الأنزيمات التي تحلل النشاء مثل أنزيم ألفا أميليز  $\alpha$ -amylases الذي يوم بتحويل سلاسل النشاء المنتجة للديكسترين إلى المالتوز، أما الجلوكوز أوكسيديز يقوم بتحويل الجلوكوز إلى بيروكسيد الهيدروجين والذي يتحلل إلى حمض الجلوكونيك وهو الحمض الرئيسي في العسل المسؤول عن النشاط المضاد للميكروبات في العسل، وأما الإنفيرتيز فيقوم بتحويل السكر إلى جلوكوز وفركتوز (Hossain et al., 2023). ويوجدُ في العسل أيضاً كمية مختلفة من المعادن الأساسية والتي تقدر 0.2% من وزنه الجاف والتي تختلف وفقاً لأصله النباتي والظروف البيئية والمراحل التي تمتُّ معالجة العسل فيها. ومن المعادن التي وجدت في جميع العسل البوتاسيوم والكالسيوم والصوديوم والحديد والنحاس والمنغنيز والمنغنيزيوم والفسفور والزنك والسليسيوم. كما ويحتوي العسل على كمية صغيرة من الفيتامينات أهمها فيتامين C (Aga et al., 2023).

تعد المركبات الفينولية الموجودة في العسل من أهم الجواهر الفعالة وذلك نظراً لنشاطها المضاد للأكسدة وخصائصها العلاجية الكثيرة والتي تم دراستها بشكل موسع في معظم الأبحاث، وبشكل عام تنقسم المركبات الفينولية إلى قسمين ١- أحماض فينولية Phenolic Acids وأهمها حمض الكافيك وحمض الغاليك وحمض الكوماريك و٢- فلافونيدات Flavonoids وأهمها الأجنين والكيرستين واللوتولين والكيملفول (Cianciosi et al., 2018; Wang et al., 2023) كما هو موضح بالشكل رقم (12).



**الشكل رقم (12): المركبات الفينولية في العسل (Cianciosi et al., 2018)**

**الاستخدامات التقليدية:** يُقدر استعمال العسل في الطب الشعبي إلى 8000 عام قبل الميلاد، حيث استخدم الفراعنة العسل للتحنيط والآشوريون والصينيون واليونانيون والرومان في علاج الجروح وأمراض الأمعاء، وقد ذكر الله تعالى في مُحكم تنزيله أن العسل فيه شفاء من الأمراض: ((ثُمَّ كَلِيَ مِنْ كُلِّ الشَّجَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا ۖ يَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ ۗ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ)) سورة النحل الآية 16 (Eteraf-Oskouei & Najafi., 2013)، وفي العصور الوسطى الذي يعتبر العصر الذهبي للطب الإسلامي بحث العلماء المسلمون في آلية استخدام العسل لعلاج الأمراض، حيث ذكر علي ابن عباس الأهوازي أن العسل ينشط الجسم ويحسن المزاج ويحافظ على الصحة (Nikhat & Fazil., 2022)، بينما وصف الرازي في كتابه (الكتاب الشامل في الطب) آلية استخدام العسل في التئام الجروح والأمراض الجلدية (الكلف والسعفة) والتهاب اللوزتين والدفترية (الخناق) ومضاد للسموم الناتجة عن عضه الكلاب وأيضاً كسائل للتحنيط وذكر ابن سينا الآثار المفيدة للعسل في الجروح المزمنة واضطرابات الجهاز التنفسي وحماية الجهاز الهضمي والكبد كما ذكر ابن زهر أن العسل يزيل البلغم من الممرات التنفسية ويمنع العدوى، ولا بد من الإشارة إلى أن العسل كان مكوناً أساسياً في جميع التركيبات العلاجية التي كان يستخدمها الأطباء العرب، حيث كانوا يمزجون النباتات الطبية مع العسل لعلاج الأمراض (Qamar & Rehman., 2020; Nikhat & Fazil., 2022).

## الخصائص العلاجية المبنية على الدليل العلمي:

أثبتت الدراسات السريرية أن العسل مصدر مهم للطاقة اللازمة للرياضيين أثناء السباق والتمارين الرياضية وذلك نظراً لإحتوائه على تركيز عالي من الكربوهيدرات وكذلك الفينولات التي لها خصائص مضادة للأكسدة، وكلتا الخاصيتين التي يتمتع بهما العسل قد تحقق توازناً مناسباً بين الحاجة الماسة للطاقة أثناء السباق وكبحّ الجذور الحرة الناتجة عن السباق في مرحلة التعافي والاستشفاء، وتحقيقاً لهذه الغايات بدأت مجموعة صغيرة من الأبحاث في الظهور حول التطبيق المحتمل للعسل كاستراتيجية إما لتعزيز الأداء الرياضي، أو تحسين التعافي، أو التأثير على الاستجابات الفيزيولوجية للتمارين الرياضية (Hills et al., 2019). وحسب مراجعة الباحث (Vogt et al., 2021) وزملاؤه لم يتم تركيز الأبحاث البيطرية على تأثير العسل على النشاط البدني للخيول وأن معظم الدراسات بدأت منذ عام 2005 وأغلب الدراسات البيطرية كانت على حيوانات مخبرية والتي يمكن تعميم نتائجها على الخيول بدلالة النهج العلمي المبني على الاستدلال. وبشكل عام يتمتع العسل بخواص:

### ❖ النشاط المضاد للالتهاب **Anti-Inflammatory Activity**: استعرض الباحث (Silva et al., 2021) في مراجعة

علمية لـ 138 بحث سريري خصائص جميع الفلافونيدات المضادة للالتهاب الموجودة في العسل بعد عزلها وإجراء التجارب المخبرية على كل فلافونيد ليبين دورها في تثبيط وتنشيط السيتوكينات والكيموكينات المسؤولة عن الالتهاب، وأفاد بأنه على الرغم من أن الفلافونيدات هي مركبات ثانوية في العسل إلا أن تأثيرها المضاد للالتهاب أقوى بالمقارنة مع بالمركبات الطبيعية الأخرى وتوافق مع الباحث (Al-Kafaween et al., 2023) الذي بين دور العسل المضاد للالتهاب في العديد من التجارب السريرية .

### ❖ يوفّر الحماية ضد الأمراض العصبية: حيث أفاد الباحث (Fadzil et al., 2023) أن العسل له دور في حماية

الخلايا العصبية من التتسكس وأضاف بأن الفلافونيدات والأحماض الفينولية لها دور كبير في تثبيط مسارات التتسكس التي تؤدي إلى موت الخلايا العصبية.

### ❖ يساعد على التئام الجروح: درس الباحث (Mandel et al., 2020) وزملاؤه إمكانية تطبيق العسل داخل الجروح

الشائعة عند الخيول حيث تضمنت الدراسة 127 حصاناً تم علاج 69 حصاناً بالعسل بينما ترك 58 حصاناً مجموعة شاهد. بينت نتائج الدراسة أن العسل ساعد على التئام الجروح والشفاء ( $P=0.006$ ) بالمقارنة مع مجموعة الشاهد التي استغرقت وقت أطول من المجموعة المعالجة بالعسل ويتفق مع الباحث (Terschuur et al., 2023) الذي عمل على تطبيق المعالجة بالعسل في الجراحات داخل المفاصل عد الخيول.

### ❖ مكافحة العدوى بعد العمليات الجراحية: أجرى الباحث (Gustafsson et al., 2021) دراسة سريرية لتحديد ما إذا

كان العسل المطبق على الشق الجراحي أثناء العمليات الجراحية للمغص عند الخيول يقلل من انتشار العدوى ومكافحة الالتهاب الناتج عن العمل الجراحي، حيث تضمنت الدراسة 89 حصاناً، وبينت نتائج الدراسة أن الخيول المعالجة بالعسل كان لديها معدلاً أقل من انتشار الجراثيم وحدث الالتهابات ( $P=0.02$ )، واستنتج الباحث أن العلاج الوقائي الموضعي بهلام العسل الطبي في شق البطن أثناء الجراحة آمن وقد يقلل بشكل كبير من انتشار عدوى الشق في الخيول التي تخضع لعملية جراحية للمغص، وذلك نظراً لخصائصه المضادة للميكروبات (Balázs et al., 2023). والدرستان السابقتان تشيران على أنه يمكن تحميل أي مادة على العسل وهو آمن ويمكن حقنه بالعضل ولا يسبب آثار جانبية.

❖ **النشاط المضاد للأكسدة Antioxidant Activity:** كشفت الدراسات التي أُجريت في الجسم الحي أنّ العسل قادر على تحفيز نظام الدفاع المضاد للأكسدة في الأنسجة والأعضاء (أي البنكرياس والدم والكلية والكبد) من خلال تعزيز أنشطة إنزيمات مضادات الأكسدة الخلوية، مثل سوبر أوكسيد ديسموتاز (SOD)، الكاتالاز (CAT)، والغلوتاثيون بيروكسيداز، والجلوتاثيون S-ترانسفيراز، وعن طريق زيادة مستويات الجلوتاثيون المختزل (Terzo et al. 2020). وأن المكونات الرئيسية للعسل المسؤولة عن الخصائص المضادة للأكسدة هي البوليفينول (الأحماض الفينولية والفلافونويد) وفيتامين C وفيتامين E والإنزيمات (مثل الكاتالاز والبيروكسيداز) والعناصر النادرة (Džugan et al., 2018 Lawag et al., 2023). لذلك، فإن تناول العسل بمفرده أو مع العلاج التقليدي قد يكون مفيداً في معالجة الأمراض المزمنة المرتبطة عادةً بالإجهاد التأكسدي (Ng et al., 2023).

❖ **مصدر مهم للطاقة أثناء النشاط الرياضي:** في مراجعة للباحث (Ilia et al., 2021) وزملاؤه درس فيها 76 دراسة علمية حول فوائد العسل كمصدر للطاقة أثناء النشاط البدني. وجد الباحث أنّ التأثيرات الفيزيولوجية للعسل كمصدر للكربوهيدرات قبل أو أثناء أو بعد أداء التمارين الرياضية المختلفة هي تأثيرات معنوية، حيث يزيد العسل بشكل كبير من عمل القلب ومستوى الجلوكوز في الدم ويعمل على زيادة قدرة العضلات على بذل أقصى جهد أثناء التمرين والسباق. علاوة على ذلك، لم يلاحظ الباحث أي علامات جسدية أو نفسية أو بيوكيميائية على نقص السكر في الدم أثناء التدريب والسباق عند استخدام العسل في التجارب السريرية. واستنتج الباحث أنّ العسل هو مزيج طبيعي منشط يساعد الرياضيين في التغلب على التعب العضلي واستعادة الطاقة في فترة قصيرة من الزمن.

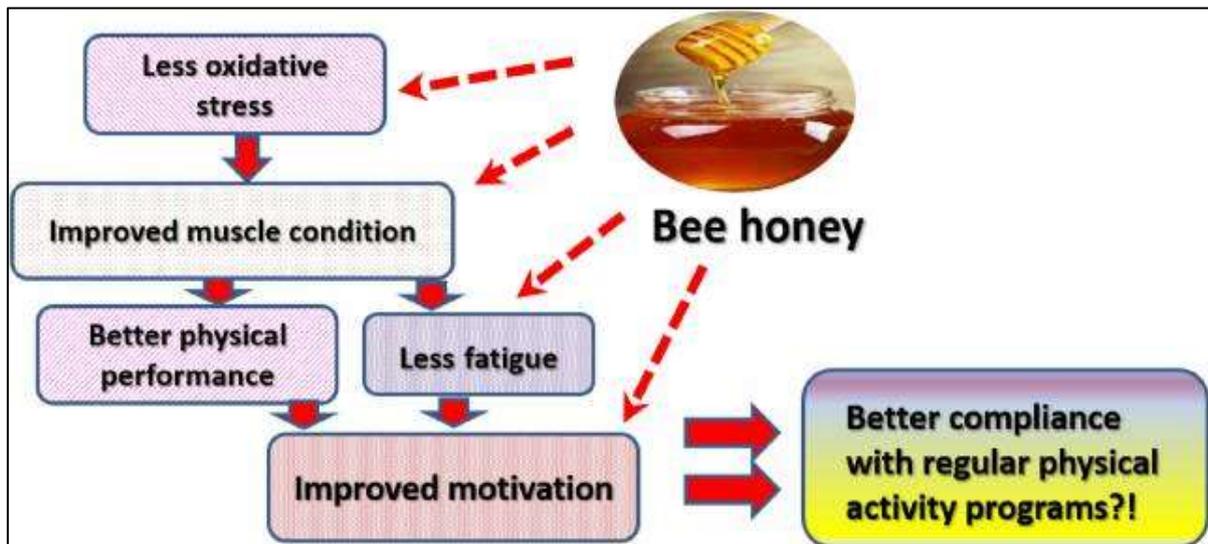
❖ **خفض علامات التعب العضلي وتحسين النشاط البدني:** في دراسة للباحث (Aly et al., 2019) كان الهدف منها هو تقييم تأثير تركيبة مكملات العسل على أداء سباق 1500 ومؤشرات التعب العضلي قبل وبعد السباق، حيث قام الباحث بقياس ضغط الدم الانقباضي والانبساطي، ومعدل النبض، ومستوى الجلوكوز، وتركيز حمض اللاكتيك، والكرياتين كيناز، اللاكتات ديهيدروجيناز قبل وبعد الجري، أظهرت نتائج البحث أنّ مكملات العسل لها دور كبير في تنظيم وتحسين المؤشرات السابقة الذكر وأنّ العسل قادر على تحسين النشاط العضلي نظراً لما يحتويه من كربوهيدرات تعمل على إنتاج المزيد من الطاقة، واستنتج الباحث بأنّ مكملات العسل ونظراً لما تحتويه من جواهر فعالة لها دور في خفض علامات التعب العضلي وبالتالي تحسين الأداء الرياضي.

#### التأثير على العناصر الدموية والبيوكيميائية:

• درس الباحث (Rahman et al., 2020) وزملاؤه تأثير تناول العسل على مستويات السكر في الدم والصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد على 12 من الذكور الأصحاء بعد التمرين، تمّ تقسيمهم إلى 4 مجموعات كل مجموعة تضم ثلاثة ذكور. تمّ التعامل مع المجموعة الأولى كمجموعة شاهد وتمّ توفير 250 مل فقط من المياه المعدنية بعد التمرين، بينما قدمت المجموعة الثانية 250 مل من مشروب سكري تجاري، وقدمت المجموعة الثالثة محلول عسل (1.5 مل عسل / 250 مل ماء)، وقدمت للمجموعة الرابعة محلول عسل (4.5 مل عسل / 250 مل ماء). التمرين البدني الذي إداه الأشخاص هو الجري على جهاز المشي بسرعة 15.6 كم / ساعة لمدة 4 دقيقة. تمّ إجراء قياسات لمستويات الشوارد وغلوكوز الدم قبل 24 ساعة، كما تمّ قياسها بعد التمرين البدني مباشرةً وكذلك بعد العلاج بـ 15 دقيقة. أظهرت نتائج الدراسة أنّ العسل يلعب دوراً مهماً في استعادة مستويات الشوارد والغلوكوز في الدم لدى

الأشخاص الذين يمارسوا أنشطة بدنية مثل التمارين الرياضية، كما أنّ تأثير العسل مشابه للمشروب التجاري. ومع ذلك، لم يتم تسجيل فرق معنوي ( $p > 0.05$ ) بين تركيز محلول العسل في المجموعة الثالثة والرابعة ومجموعة المعالجة الأخرى في رفع مستوى الصوديوم والكلوريد.

- أجرى الباحث (Łagowska et al., 2017) وزملاؤه دراسةً مقارنةً بين فعالية المستحضرات الحاوية على الكربوهيدرات والشوارد الصناعية والطبيعية الحاوية على العسل والملح والماء وعصير الليمون وعصير الأناناس على مجموعة من الرياضيين في لعبة التجديف في الماء، حيث اشتملت الدراسة على 11 مجدفاً محترفاً حيث أجرى اللاعبون 8 دقائق من التمارين على مقياس سرعة التجديف، وتمّ إعطاؤهم أحد المشروبين بشكل عشوائي ثم قسموا إلى مجموعتين. ثم تم قياس المعلمات الأساسية للتعب العضلي واللياقة البدنية قبل التمرين وبعده، وشملت قياس وزن الجسم والعناصر البيوكيميائية للدم (الغلوكوز واللاكتات و HTC واليوريا و CK و WBC و LYM و MON و GRA و FRAP). أظهرت النتائج أن المستحضر الصناعي والطبيعي لم تخفض العناصر البيوكيميائية للدم بعد انتهاء السباق حيث لوحظت زيادة معنوية للغلوكوز واللاكتات و HTC واليوريا و CK ولم تعد إلى نطاقها الفيزيولوجي بعد السباق، في حين كان مستوى العناصر المرتبطة بالحفاظ على اللياقة البدنية عالية في المجموعة التي أعطيت المستحضر الحاوي على العسل.
- أفاد الباحث (Ali et al., 2021) وزملاؤه أنّ العسل قد يحسّن الأداء البدني في مستويات النشاط المعتدلة، وقد يمنح أيضاً الحماية من التعب العضلي التي قد تتبّع الأنشطة الرياضية الشاقة، ومن جهةٍ أخرى قد تتجمّع العديد من الآثار الصحية الإيجابية والتفاعل التآزري بين العسل والتركيبات العلاجية الأخرى أثناء التمارين الرياضية. وحدّد الباحث الآلية المحتملة التي يمكن من خلالها أن يؤدي تناول العسل إلى تحسين النشاط البدني من خلال ١- خفض الجذور الحرة ٢- تحسين حالة العضلات ٣- خفض التعب العضلي ٤- تحفيز النشاط العام ٥- تحسين النشاط البدني كما في الشكل (13).



الشكل رقم: (13) يوضح الآلية المحتملة التي يمكن من خلالها أن يؤدي إعطاء عسل النحل إلى تحسين النشاط البدني (Ali et al., 2021)

### ٦,٣ مجموعة فيتامينات ب B complex:

الفيتامينات هي مركبات عضوية أساسية ضرورية بكميات صغيرة (ميكرو أو مليغرام) يومياً للحفاظ على سلامة التمثيل الغذائي للكائنات الحية. على الرغم من أن الفيتامينات لا يمكن تحويلها إلى طاقة بشكل مباشر، إلا أن بعضها أساسي لتحويل المغذيات الكبيرة إلى طاقة. حيث تلعب فيتامينات (ب) أدواراً أساسية كعوامل مساعدة Co-Factor في التفاعلات الأنزيمية للمسارات الابتنائية لإنتاج الطاقة في دورة كريبس وسلسلة نقل الإلكترون أثناء استقلاب الكربوهيدرات والدهون والأحماض الأمينية. ومن المعروف أن التمارين الرياضية تزيد من طلب الجسم للطاقة حسب شدة الجهد ومدته ونوعه. ونظراً لأن مجموعة فيتامين (ب) تلعب أدواراً أساسية في استقلاب الطاقة، فمن المنطقي أن التغييرات والتذبذبات في مستويات هذه الفيتامينات يمكن أن تتداخل مع الأداء البدني. حيث إذا كان نقص هذه الفيتامينات يتعارض مع استقلاب المغذيات الكبيرة ويضر بإنتاج الطاقة، فمن الممكن أن تعزز مكملات فيتامينات (ب) التمثيل الغذائي للطاقة أثناء التمرين والسباق وتزيد من الأداء. وبناءً على ذلك لابد من إجراء لمحة تعريفية عن كل فيتامين من مجموعة فيتامين (B) ومعرفة دوره الفيزيولوجي داخل الخلايا، ومن ثم تناول الدراسات التي تظهر دور مجموعة فيتامينات (B) في مقاومة التعب العضلي وتحسين الاستجابات الفيزيولوجية أثناء وبعد السباق والتمرينات الرياضية المختلفة.

بدايةً تشارك جميع فيتامينات ب باستثناء حمض الفوليك في خطوة واحدة على الأقل وغالباً في عدة خطوات من نظام إنتاج الطاقة داخل الخلية الشكل رقم (14). حيث أنه مطلوب إمدادات كافية من كل فيتامين من مجموعة فيتامينات (ب) من أجل الأداء المناسب لنظم إنتاج الطاقة، والنقص في أي واحد منها سوف يحد من معدل إنتاج الطاقة، مع عواقب استقلابية وصحية خطيرة محتملة.

**فيتامين B1 الثيامين:** يوجد في الجسم على شكل ثيامين حر وفي أشكال مختلفة مفسفرة، بما في ذلك بيروفوسفات الثيامين (TPP). يشارك TPP في تفاعلات نزع الهيدروجين، والتي تؤدي إلى نزع الكربوكسيل من البيروفات والأحماض الأمينية المتفرعة السلسلة لتكوين أسيتيل مرافق الإنزيم أ الشكل رقم (14 - part A). وضمن دورة حمض الستريك، يدعم TPP نزع الكربوكسيل من ألفا كيتوجلوتارات إلى سكسينيل-CoA الشكل رقم (14 - Part B) ومن أهم وظائفه الفيزيولوجية أن له دور مفتاحي في استقلاب الكربوهيدرات والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية اللازمة لإنتاج الطاقة أثناء النشاطات المختلفة كما هو موضح بالشكل رقم (14) (Tylicki et al., 2018; Tardy et al., 2020; Mrowicka et al., 2023).

**الفيتامين (B2) الريبوفلافين:** له دور أساسي في الاستقلاب المنتج للطاقة وهو جزء لا يتجزأ من المرافقات الأنزيمية أو الإنزيمات المساعدة وهي: فلافين أدينين ثنائي النوكليوتيد (FAD) وأحادي نيوكليوثيد الفلافين (FMN)، والتي تعتبر ضرورية في وظيفة إنزيمات الفلافو بروتين، تعمل FAD و FMN كحاملات للبروتون في تفاعلات الأكسدة والاختزال الضرورية في استقلاب الكربوهيدرات والدهون والبروتينات لإنتاج الطاقة. يشارك FAD في إنتاج أسيتيل CoA من الأحماض الدهنية عن طريق أكسدة بيتا، ومن الغلوكوز عن طريق نزع الكربوكسيل المؤكسد للبيروفات ومن تقويض الأحماض الأمينية المتفرعة الشكل رقم (14 - Part A). وأن FAD مطلوب في خطوات دورة حمض الستريك التي تنتج Succinyl-Coa من ألفا كيتوجلوتارات وفومارات من السكسينات الشكل رقم (14 - Part B)، ويعمل FADH2 كمتبرع للإلكترون في سلسلة نقل الإلكترون الشكل رقم (14 - Part C). ومن وظائفه الفيزيولوجية: يقترن بالأنزيمات الضرورية للاستقلاب المواد الغذائية وإنتاج الطاقة من الكربوهيدرات والأحماض الدهنية والأحماض الأمينية وكذلك الأنزيمات الضرورية لعملية أكسدة الدهون لإنتاج

الطاقة. وحوامل الكترولونات في تفاعلات أكسدة-إرجاع وهذه التفاعلات تتضمن تفاعلات السلسلة التنفسية في المتقدرات وتفاعلات الأنزيمات المفتاحية في أكسدة الحموض الأمينية والحموض الدسمة وتفاعلات حلقة كريس حيث يدخل (FAD) في تفاعل تحول السوكسينات إلى فومارات. ويعمل على تنشيط فيتامين B6 لأداء وظائفه داخل الجسم، وضروري لنمو الجنين، وينشط الغدة الدرقية والغدة الكظرية ويساعدهما على إفراز هرموناتهما، ويساعد على تكوين كريات الدم الحمر في نخاع العظم (Pinto & Rivlin., 2013; Tardy et al., 2020; Suwannasom et al., 2020; Lee et al., 2023).

**الفيتامين B3 النياسين:** ويسمى أيضاً بحمض النيكوتينك Nicotinic Acid أو حمض النيكوتين أميد Nicotinamide Acid وهناك اختلاف على تصنيفه من الفيتامينات، كون الجسم قادر على تصنيعه انطلاقاً من التريبتوفان. يوجد النياسين الفعال فيزيولوجياً داخل الأنسجة على صورتين هما: نيكوتين أميد أدنين أحادي النيكليوتيد (NAD) ونيكوتين أميد أدنين فوسفات ثنائي النوكليوتيد (NADP). أثناء تحلل السكر يتم اختزال الإلكترونات بواسطة NAD وإنتاج NADH من بعض الكربونات المشتقة من جزيء الجلوكوز الشكل رقم (14- part A). وأن NAD مطلوب أيضاً في خطوات دورة حمض الستريك التي تنتج إيزوسيترات من succinyl-CoA ومن ثم مالات إلى أوكسالوسيتات الشكل رقم (14- part B). أخيراً، تبدأ الفسفرة التأكسدية للميتوكوندريا في المعقد I من سلسلة نقل الإلكترون، حيث يتأكسد NADH ويتبرع بالإلكترون له بدء النقل عبر السلسلة الشكل رقم (14- part C). يلعب النياسين دوراً بارزاً في عملية استقلاب الكربوهيدرات والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية المولدة للطاقة في خلايا الجسم، ومن أهم وظائفه الفيزيولوجية: نقل الإلكترونات والهيدروجين من مركب إلى آخر داخل الخلايا أثناء تفاعلات الأكسدة والإرجاع الضرورية لتكوين الطاقة من الغذاء، ونقل بعض أيونات الهيدروجين الناتجة من استقلاب الدهون والكربوهيدرات والبروتينات لتصنيع سكر الريبوز Ribose الذي يدخل في تكوين الأحماض النووية (DNA-RNA)، ويستخدم في صورته المختزلة في تصنيع الأحماض الدهنية والكوليستيرول والهرمونات، ويعمل على خفض مستوى الكوليستيرول في الدم عند تناوله يومياً كما أنه يحافظ على سلامة الجهاز العصبي والهضمي وصحة الجلد (Chand et al., 2016; Tardy et al., 2020; Wuerch et al., 2023; Wu et al., 2023).

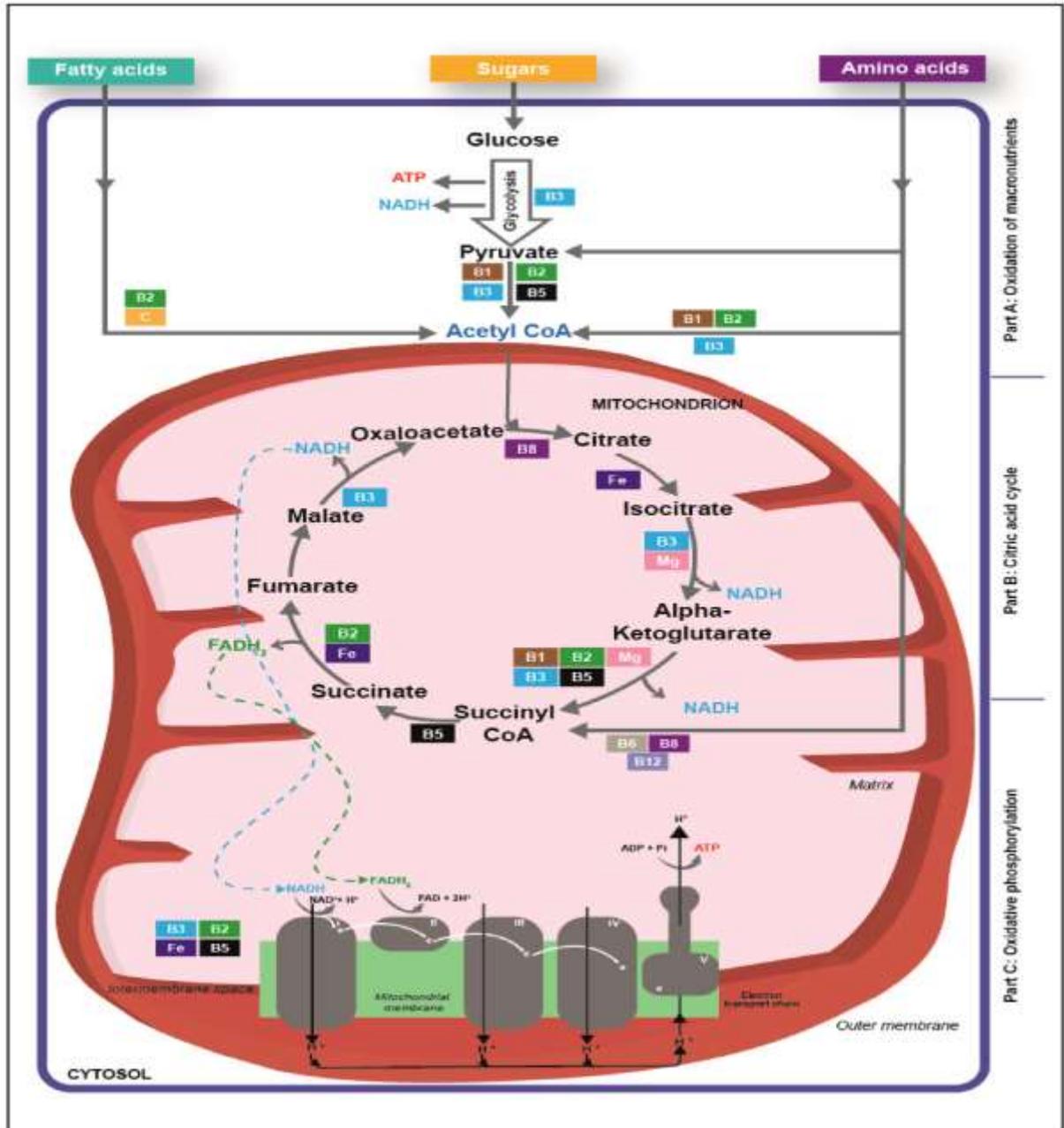
**الفيتامين B5 البانتوثنيك:** يعد حمض البانتوثنيك مادة أساسية في عملية التخليق الحيوي للإنزيم المساعد أ، والذي يتوسط مسارات الاستقلاب الخلوي حيث يتفاعل مع مجموعات الأسيل الشكل رقم (14- Part A). ويؤدي إلى ظهور مشتقات الثيوستر، بما في ذلك أسيتيل CoA و succinyl-CoA، والتي تظهر في دورة حمض الستريك الشكل رقم (14- part B). ومن أهم وظائفه الفيزيولوجية: يدخل في تركيب Coenzyme A اللازم لعملية استقلاب الغذاء وإنتاج الطاقة، ويدخل في عملية أكسدة الدهون وإنتاج الطاقة وتصنيع الأحماض الدهنية، ويدخل في تركيب مادة الهيم التي تدخل في تركيب الهيموغلوبين. ويلعب دوراً مهماً في نقل الإشارات العصبية والتخلص من الأدوية السامة، ويعمل على تنشيط قشرة الكظر وكذلك تنشيط عمليات الامتصاص في الأمعاء الدقيقة والتي تستلزم وجود الغلوكوز (Anastassakis., 2022; Sanvictores) (& Chauhan., 2020; Tardy et al., 2020).

**الفيتامين B6:** يوجد بثلاث صورٍ متشابهةٍ وهي البيريدوكسامين Pyridoxamine البيريدوكسين Pyridoxine البيريدوكسال Pyridoxal وتعتبر هذه الصور الثلاثة الفعالة فيزيولوجياً كفيتامين ويمكن لإحداها أن يتحول إلى الآخر داخل الجسم ولذلك يطلق على كلاً منها فيتامين B6 وله وظائف فيزيولوجية عديدة في الاستقلاب: حيث يعمل كمساعد أنزيم للعديد من النظم الإنزيمية وخاصة التي تدخل في استقلاب الأحماض الأمينية حيث أن المرافق الأنزيمي للعديد من الأنزيمات هو البيريدوكسال

فوسفات (PLP) وخصوصاً في عمليات نقل الأمين Transamination ونزع الكربوكسيل Decarboxylation حيث يكون مجموعة ضميعة للإنزيمات المزامرة والنازعة للكربوكسيل في الحموض الأمينية والتي تقوم بحذف السلاسل الجانبية أو تبديلها. وأيضاً عامل مساعد cofactor للغليكوجين فوسفوريلاز الضروري لهدم الغليكوجين وإنتاج الغلوكوز أثناء التمرينات والسباق، ويساعد على إنتاج الأجسام المضادة التي تعمل على حماية الجسم من العدوى البكتيرية والإصابة بالأمراض، ويعمل على تكوين ملدات البيروفيرن التي تدخل في تكوين جزيئات الهيموغلوبين. وضروري للاستقلاب الأحماض الدهنية غير المشبعة وتصنيع المادة التي تحيط بالأطراف العصبية، وضروري لصحة الأوعية الدموية والجهاز العصبي والنمو الطبيعي وسلامة البشرة، ومهم لتنظيم عملية تصنيع أنزيمات المخ التي تتحكم في الإشارة العصبية وامتصاص الأحماض الأمينية وإفراز الهرمونات، ولا بد من الإشارة أن فيتامين B6 مهم لتأثير الهرمونات الستيروئيدية حيث يقوم بفك ارتباط معقد (الهرمون- مستقبل) بال DNA منهيماً بذلك تأثير الهرمون لذلك في حال عوز فيتامين B6 تصبح هنالك حساسية متزايدة وتراكم قليلة من الأستروجينات والأندروجينات والكورتيزول وفيتامين D وخلل في استقلاب الأحماض الأمينية (التربتوفان-الميثيونين) (Stach et al., 2021; Tardy et al., 2020; Wu et al., 2023).

**الفييتامين B8 أو B7 البيوتين أو الفييتامين H:** يعمل كعامل مساعد للعديد من الكربوكسيلات التي تحفز دمج البيكربونات كمجموعة كربوكسيل في الركيزة. تلعب هذه الإنزيمات أدواراً حاسمة في تخليق الأحماض الدهنية، وتقويض الأحماض الأمينية المتفرعة السلسلة، واستحداث السكر، وبالتالي فهي مهمة لإنتاج الطاقة وتخزينها داخل الخلية. الإنزيمات الرئيسية المعتمدة على البيوتين المشاركة في إنتاج الطاقة هي كربوكسيلاز بروبيونيل-CoA، الذي يحفز دمج البيكربونات في بروبيونيل-CoA لتكوين ميثيل مالونيل-CoA، الذي يدخل دورة حمض الستريك من خلال التحويل إلى succinyl-CoA، وكربوكسيلاز البيروفات، الذي يحفز كربوكسيل البيروفات لتكوين أوكسالوسيتات، وهو وسيط في دورة حمض الستريك الشكل رقم (14-Part B). تنظم الإنزيمات الأخرى التي تتطلب البيوتين توفر الأحماض الدهنية لأكسدة الميتوكوندريا أو الأحماض الأمينية للاستخدام في دورة حمض الستريك. ومن أهم وظائفه الفيزيولوجية: ضروري لصنع هرمون الأنسولين وحمض النيتوكتينيك Nitroctinic Acid (Tardy et al., 2020; Wu et al., 2023).

**الفييتامين B12 الكوبالامين:** ويسمى أيضاً بالسيانوكوبالامين Cyanocobalamin ويعتبر أكثر الفييتامينات الذائبة بالماء تعقيداً، ويعتبر الفييتامين الوحيد المحتوي على عنصر معدني (الكوبالت) لذلك تسمى جميع صور فيتامين B12 بالكوبالامينات Cobalamines. وهو العامل المساعد لإنزيم ميثيل مالونيل-CoA. يحفز هذا الإنزيم تحويل ميثيل مالونيل-CoA إلى سكسينيل-CoA الشكل رقم (14-Part B). يحدث هذا التحويل أثناء أكسدة الأحماض الدهنية ذات السلسلة الفردية وتقويض الأحماض الأمينية الكيتونية. يقوم فيتامين B12 بالعديد من الوظائف الفيزيولوجية الضرورية للجسم ومن أهمها: يعمل كمساعد أنزيم لعدد من الأنزيمات الضرورية لتصنيع البروتين والأحماض النووية والدهون ويساعد على تصنيع كريات الدم الحمراء من نخاع العظم ويعمل على نقل وتصنيع مجموعة الميثيل CH<sub>3</sub> وتحويلها إلى حمض الفوليك ومهم جداً للجهاز العصبي إذ أنه يحافظ على أغلفة الميلين Myelin التي تحيط وتعزل بعض الألياف العصبية Nerve fibers، ويساعد على تحويل حمض الفوليك Folic acid إلى حمض الفولينيك اللازم لتكوين كريات الدم الحمراء بصورة طبيعية في نخاع العظم (Halczuk et al., 2023; Wu et al., 2023; Tardy et al., 2020).



**الشكل رقم: (14) لمحة عامة عن مشاركة مجموعة فيتامينات B في المسارات الرئيسية لإنتاج الطاقة**  
(Tardy et al., 2020)

ملاحظات عن الشكل: يعرض هذا الشكل مخططاً مبسطاً لاستقلاب الطاقة بمشاركة مجموعة فيتامينات B. باختصار، تتم أكسدة المغذيات الكبيرة (Part A) إلى أسيتيل مرافق الإنزيم أ من خلال عدة مسارات بما في ذلك تحلل السكر، الذي ينتج البيروفات من الغلوكوز، وتلعب الفيتامينات B1، B2، B3 أدواراً مهمة، ثم يدخل أسيتيل مرافق الإنزيم أ في دورة حمض الستريك (Part B)، الذي يولد الطاقة مثل NADH وFADH2 من خلال سلسلة من ثماني عمليات أكسدة تتضمن الفيتامينات B1، B2، B3، B5، B6، B8، وB12 وكذلك الحديد والمغنيسيوم. أخيراً، يتم نقل الإلكترونات بواسطة NADH وFADH2 إلى سلسلة نقل الإلكترون (Part C)، حيث توفر الطاقة المستخدمة لتوليد جزيئات ATP؛ تحتاج هذه الخطوة إلى وجود فيتامينات B2، B3، B5 والحديد.

## ٦,٣,١ دور مجموعة فيتامينات B في تحسين الاستجابات الفيزيولوجية وتحسين الأداء البدني ومقاومة التعب العضلي الناجم عن السباق:

تُعتبر فيتامينات (B) ضرورية للرياضيين للحفاظ على الصحة والأداء الرياضي الأمثل. وبشكل عام تساعد مجموعة فيتامينات (B) الخيول الرياضية على خفض التوتر والقلق من خلال التنظيم الهرموني، وتساعد في تعافي العضلات، وخفض مؤشرات التعب، مما قد يؤثر إيجاباً في تحسين الأداء الرياضي (Ghazzawi et al., 2023)، وتساعد مجموعة فيتامينات (B) في تنظيم ضغط الدم، علاوة على ذلك تساعد فيتامينات (ب) المركبة في تنظيم مستويات هرمون الميلاتونين الذي ينظم النوم، مما يساعد الرياضيين على النوم العميق المستمر، وتساهم فيتامينات (ب) المركب أيضاً في الحفاظ على الصحة والأداء الأمثل لدى الرياضيين، ودعم تحسين أداء الدماغ والتركيز وضبط مستويات الطاقة، وتعمل على تنظيم بارمترات الدم حيث تنظم مستوى الغلوكوز والدهون، وتعمل على تنظيم وظائف الكلى والكبد وتثبط تلف العضلات الناتج عن ممارسة التمارين الرياضية عالية الشدة ولها تأثير مباشر على مؤشرات التعب العضلي المتمثلة باللاكتات واللاكتات ديهيدروجيناز والكرياتين كيناز والأنزيمات العضلية الأخرى (Hrubša et al., 2022; Ghazzawi et al., 2023). في المقابل عالجت دراسات قليلة تأثير مكملات فيتامينات B على التعب العضلي عند الخيول وأغلب الدراسات كانت على حيوانات مخبرية أو دراسات سريرية بشرية، وتعد الدراسات التي بحثت في تأثيرات فيتامينات ب عند الخيول محدودة، ولا توجد بيانات كافية أو دراسات معمقة فيما يتعلق بالنياسين أو البيريدوكسين أو الكوبالامين. وغالباً ما تستخدم الدراسات الحالية جرعات عالية، أعلى بكثير من المتطلبات الغذائية اليومية للكائن الحي حيث يساعد ذلك من وجهة نظر الباحثين في توفير دليل علمي يوضح دور الفيتامين في تخفيف التعب، لكنه بالمقابل لا يوثق الجرعات المناسبة التي يجب إعطاؤها في الحالات الطبيعية والتي غالباً ما تكون متفاوتة، حيث أن فيتامينات ب آمنة حتى بالجرعات العالية لأنها لا تخزن بالجسم وي طرح الفائض منها عن طريق البول.

- بين الباحث (Gonçalves and Portari., 2021) في مراجعة سردية الدور الأساسي لمجموعة فيتامين B بالاستقلاب المنتج للطاقة ودور هذه المجموعة من الفيتامينات في تحسين النشاط البدني وزيادة القوة والسرعة وكذلك التخفيف من التعب العضلي وآلام العضلات وتعزيز فترة التعافي بعد العديد من السباقات المختلفة عند الرياضيين البشر والحيوانات، حيث تضمنت المراجعة سرد أغلب الأبحاث التي عملت على تأثير كل فيتامين من مجموعة فيتامينات B في تحسين خواص الأداء الرياضي وذلك بتصاميم ونماذج -حيوانية أو بشرية- تجريبية مختلفة. وأفاد الباحث بأن مجموعة فيتامين B هي فيتامينات مُحبة للماء تلعب دوراً أساسياً كأنزيمات مساعدة في التفاعلات الأنزيمية للاستقلاب المنتج للطاقة، وأن الزيادة في الطلب على الطاقة أثناء ممارسة الرياضة البدنية يمكن أن تغير متطلبات هذه الفيتامينات لذلك وجودها بكميات كافية يمكن أن يحسن خواص الأداء الرياضي على نحو أفضل. وأستنتج الباحث أن الثيامين والريبوفلافين والنياسين يلعبون دوراً مهماً في إنتاج الطاقة أثناء ممارسة الرياضة البدنية ولكنه تعارض نظرياً مع الأبحاث التي درست تأثير المكملات الغذائية التي تحوي هذه الفيتامينات في أغذية قد تكون تراكيزها في هذه المنتجات صغيرة نسبياً، حيث من وجهة نظر الباحث أنه قد تكون نتائج هذه الدراسات متداخلة وغير دقيقة وذلك لارتباط تلك المكملات بالحركية الدوائية لتلك الفيتامينات والجرعات أو تكرار الجرعات وطرق إعطائها علاوة على ذلك، فإن التأثر مع المواد الأخرى يمكن أن تخفي التأثير الحقيقي للفيتامينات في أقصى قدر من الجهد أو الأداء الرياضي.

• درس الباحث (Huang et al. 2016) وزملاؤه تأثير استخدام فيتامين B1 الثيامين في تحسين الاستجابات والتكيفات الفيزيولوجية وتحسين النشاط البدني، حيث تضمنت الدراسة 40 حيوان تجربة وزعت عشوائياً على أربعة مجموعات وتركت لمدة سبعة أيام للتكيف مع بيئة التجربة، تُركت المجموعة الأولى كشاهد طبيعي ومن ثم خُفنت بقية المجموعات بالمُكمل لمدة سبعة أيام بجرعات 100-200-500 ملغ/كغ يومياً على التوالي ثم خضعت الحيوانات لنشاط بدني بتحميل الحيوان وزناً 5% من وزن جسمه وتركه يسبح في حوض السباحة حتى الوصول لمرحلة التعب العضلي، تمّ تقييم وظائف العضلات الهيكلية من خلال قياس نفضات التقلص والاسترخاء العضلي بعد انتهاء التمرينات وكذلك المتغيرات البيوكيميائية المرتبطة بالتعب العضلي (اللاكتات، اللاكتات ديهيدروجيناز، الكرياتين كايناز، الأسبارتات أمينو ترانسفيراز AST، الألائين أمينو ترانسفيراز ALT، الغلوكوز، الشحوم الثلاثية، الكوليستيرول الكلي، البروتين الكلي، الألبومين، الكرياتينين، حمض البول، اليوريا) وتقدير كمية الغليكوجين في أنسجة العضلات والكبد وذلك قبل التمرين وبعد التمرين مباشرة وبعد 10-20 دقائق من انتهاء التمرين. أظهرت نتائج البحث أنّ مُكمل الثيامين يلعب دوراً مهماً في تحسين الاستجابات الفيزيولوجية وحدث انخفاض معنوي في المتغيرات البيوكيميائية المرتبطة بالتعب وكانت النتائج معنوية جداً عند جرعة 500 ملغ/كغ. واستنتج الباحث أن الثيامين يلعب دوراً كبيراً في إنتاج الطاقة خلال النشاط البدني المكثف ويمنع أكسدة الخلايا وأوصى الباحث بتوسيع الأبحاث من جرعة 500 ملغ/كغ من الثيامين لأنه آمن حتى بجرعات أكبر.

• درس الباحث (Hoffman et al., 2017) تأثير فيتامين B2 الريبوفلافين في تخفيف علامات التعب العضلي وآلام العضلات بعد سباق ألترامارثون وكذلك تأثير الريبوفلافين في تعزيز التعافي الوظيفي والاستشفاء بعد السباق، حيث ضمت التجربة 44 عداءً قسموا إلى مجموعتين: المجموعة الأولى 22 عداءً أُعطيت الريبوفلافين بتركيز 100 ملغ/كغ قبل وبعد السباق والمجموعة الثانية أُعطيت علاج وهمي قبل وبعد السباق، تمّ سحب عينة دموية من الوريد الوداجي بعد كل مسافة 400 متر جري سريع، وأجرى الباحث الفحوصات الكيمياءحيوية للكرياتين كايناز واللاكتات واللاكتات ديهيدروجيناز، وكذلك تمّ قياس آلام العضلات السريري بواسطة حساسات ميكانيكية (سيسنسورات) مثبتة في تسعة نقاط من الأطراف الأمامية والخلفية حيث تدلّ القيم الصادرة عن كل مجس أو نقطة تثبيت على درجة الألم حسب مقياس الباحث ليغرات. أظهرت نتائج البحث أنّ المجموعة التي أُعطيت الريبوفلافين كان نشاطها البدني أفضل من مجموعة العلاج الوهمي، وكذلك بالنسبة للتحاليل البيوكيميائية حيث وجد الباحث أنّ قيم الكرياتين كايناز والمتغيرات الأخرى في مجموعة الريبوفلافين أخفض معنوياً من مجموعة العلاج الوهمي. وأستنتج الباحث أنّ نتائج دراسته تقدم دليلاً أولياً عن قدرة الريبوفلافين في التخفيف من التعب العضلي وآلام العضلات وتحسين الأداء الرياضي بعد السباق وكذلك تعزيز الوظيفي بعد السباق وذلك نظراً لقدرة الريبوفلافين المضادة للأكسدة والمعززة لإنتاج الطاقة، وأقتراح الباحث إجراء المزيد من الأبحاث على الريبوفلافين لكون النتائج التي حصل عليها كانت مثيرة للاهتمام.

• في دراسة للباحث (Murray et al., 1995) كان هدفها تقييم كيفية تأثر الاستجابات الفيزيولوجية والأدائية المختارة عندما يتمّ تخفيف الزيادة الطبيعية في تركيز الأحماض الدهنية من البلازما أثناء السباق عن طريق تناول فيتامين B3 حمض النيكوتينيك. أظهرت نتائج البحث أنّ إعطاء حمض النيكوتينيك بتركيز 2 ملغ عمل على كبح ارتفاع

الأحماض الدهنية الحرة وتعديل الاستجابة الفيزيولوجية والهرمونية وبالتالي زيادة القدرة على أداء التمارين الرياضية عالية الشدة.

• كما أوضح الباحث (Barker et al., 2022) في مراجعة منهجية دور فيتامين B3 حمض النيكوتينيك ومشتقاته على مقاييس الأداء البدني والتعب العضلي ودوره في تحسين الاستجابات الفيزيولوجية للعضلات. حيث أشار الباحث إلى أن مشتقات النيكوتين اميد أو حمض النيكوتينيك هو جزيء رئيسي في الاستقلاب داخل العضلات وإنتاج الطاقة اللازمة للنشاط الرياضي. وأفاد أيضاً بأنه على الرغم من أن البيانات قبل السريرية تشير إلى تأثيرات مفيدة لمكملات فيتامين B3، إلا أن التأثيرات على وظيفة العضلات الهيكلية والتعب العضلي غير واضحة. وراجع الباحث تأثير فيتامين B3 على السرعة والقوة ومؤشرات التعب العضلي وتحسين النشاط البدني ومقاييس الأداء البدني ووزن وكتلة الجسم. أظهرت نتائج الدراسة أن لفيتامين B3 دور مهم في تحسين المؤشرات السابقة مع التركيز على أهمية فيتامين B3 على تحسين الاستجابات الفيزيولوجية للعضلات وتحسين النشاط البدني وخفض علامات التعب العضلي. وأستنتج الباحث أن مكملات فيتامين B3 ضرورية جداً لتحسين خواص الأداء البدني وأن مشتقات فيتامين B3 يمكنها تحسين الأداء البدني وخفض علامات التعب العضلي وذلك بالرغم من عدم وجود أدلة كافية تدعم تلك النتائج حيث لا بد من إجراء المزيد من الأبحاث لتأكيد هذا الاستنتاج.

• درس الباحث (Brancaccio et al., 2022) الدور البيولوجي للفيتامينات في العضلات والقلب لدى الرياضيين، وأوضح أنه يُعتبر النشاط البدني إلى جانب المكملات عاملاً وقائياً ضد أمراض القلب والأوعية الدموية، واضطرابات العضلات والعظام، وخلل التنسج المعوي. ويتطلب تحقيق الأداء الرياضي الأمثل إنفاق طاقة مرتفع بشكل ملحوظ، والذي يجب توفيره بشكل صحيح لتجنب حدوث أمراض مثل إصابات العضلات والإجهاد التأكسدي وأمراض القلب وانخفاض الأداء البدني أثناء المنافسة. علاوة على ذلك، في الأنشطة الرياضية، يعد إعادة تجديد الفيتامينات والمعادن المستهلكة أثناء وبعد السباق والتدريب أمراً ضرورياً لحماية صحة الرياضيين. وفي هذا السيناريو، تلعب الفيتامينات دوراً محورياً في العديد من التفاعلات الاستقلابية والاستجابات الفيزيولوجية وبعض عمليات التكيف البيوكيميائية العضلية الناجمة عن النشاط الرياضي. ويتم إعطاء الفيتامينات إما بواسطة المكملات أو النظام الغذائي لأن قسماً منها يعد الجسم غير قادر على إنتاجه ومنها فيتامين B6. حيث يمثل فيتامين B6 عاملاً مهماً في المسارات الاستقلابية التي تنشط في التمارين البدنية عالية الشدة، وخاصة استقلاب الأحماض الأمينية، وينشط خطوة الحد من معدل تحلل الغليكوجين بكميات كبيرة والذي يؤدي إلى تراكم اللاكتات في العضلات، وأوضح الباحث أن فيتامين B6 يعمل على تحسين خصائص الأداء الرياضي ومقاومة التعب وذلك لقدرة فيتامين B6 المضادة للأكسدة وكذلك يحسن نشاط القلب ويعمل على تجديد الخلايا العضلية بعد السباقات عالية الشدة والتي تؤدي إلى التلف العضلي واقترح الباحث على استهلاك الرياضيين الجرعات الموصى بها من فيتامين B6 وذلك لتجنب الرياضيين انخفاض الأداء الرياضي وزيادة خطر التعب العضلي أو الإصابات الرياضية.

الفصل الثالث

CHAPTER THREE

المواد طرائق العمل

MATERIALS & METHODS

## ١. حيوانات التجربة: Experimental Animals

أُجريت الدراسة على خيول السباق العربية الأصيلة في المرباط التابعة للجمعية السورية للخيول العربية الأصيلة، وأُجريت السباقات في نادي باسل الأسد للفروسية في مدينة حماة، وذلك في فصل الصيف خلال الفترة الواقعة بين (2022/5/26) وحتى (2022/7/22).

## ٢. تصميم التجربة: Design of Experiment

وُزعت الخيول إلى خمسة مجموعات، ضمت كل مجموعة ستة خيول بأوزان متقاربة وفق التالي:

- i. **المجموعة الأولى (G1): (مجموعة الشاهد الطبيعية)** تُركت الخيول دون إجراء أي سباق أو تمرين رياضي وخضعت لظروف التربية والتغذية والتدريب كما هو مُطبق في المربط.
  - ii. **المجموعة الثانية (G2): (مجموعة الشاهد الايجابية الأولى)** خضعت الخيول لسباق سرعة بمسافة (1600) متر وُعدت كمجموعة شاهد إيجابي للمجموعة الثالثة وكانت خاضعة لظروف التربية والتغذية والتدريب كما هو مُطبق في المربط (ولم تعط مكمل إنرجي فورت).
  - iii. **المجموعة الثالثة (G3): (مجموعة السباق الأولى)** خضعت الخيول لسباق سرعة مسافة (1600) متر، وأُعطيت جرعة مقدارها 2 مل/ 100 كغ وزن حي حقناً عضلياً من مُكمل إنرجي فورت الحاوي على الخلاصات المائية للنباتات الطبية (الجينسنغ، القولنجان، الأملج، القسط الهندي، بذور الكرفس، بذور الخردل) بالإضافة إلى (عسل صافي، مجموعة فيتامينات B المركبة) قبل السباق بساعة.
  - iv. **المجموعة الرابعة (G4): (مجموعة الشاهد الايجابية الثانية)** خضعت الخيول لسباق سرعة بمسافة (1600) متر وُعدت كمجموعة شاهد إيجابي للمجموعة الخامسة وكانت خاضعة لظروف التربية والتغذية والتدريب كما هو مُطبق في المربط (ولم تعط مكمل إنرجي فورت).
  - v. **المجموعة الخامسة (G5): (مجموعة السباق الثانية)** خضعت الخيول لسباق سرعة مسافة (1600) متر، وأُعطيت جرعة 2 مل/ 100 كغ وزن حي حقناً عضلياً من مُكمل إنرجي فورت الحاوي على الخلاصات المائية للنباتات الطبية (الجينسنغ، القولنجان، الأملج، القسط الهندي، بذور الكرفس، بذور الخردل) بالإضافة إلى (عسل صافي، مجموعة فيتامينات B المركبة) بعد السباق مباشرة.
- ولابد من الإشارة إلى أنه:

- a. خضعت جميع خيول الدراسة لظروف تربية، وتغذية، وتدريب رياضية متماثلة حيث أُجريت التجربة ضمن الظروف الطبيعية خلال التحضيرات الموسمية للسباقات المحلية.
- b. خيول المجموعة الثالثة (G3) هي نفس خيول المجموعة الثانية (G2) مع مراعاة وجود فترة راحة كافية بين السباقان.
- c. خيول المجموعة الخامسة (G5) هي نفس خيول المجموعة الرابعة (G4) مع مراعاة وجود فترة راحة كافية بين السباقان.

### ٣. تركيبة مستحضر أو مكمل إنرجي فورت: Energy Fort supplement formulation

- ❖ الشكل الصيدلاني: محلول مُعد للحقن الوريدي أو العضلي
- ❖ التعبئة: عبوات سعة ١٠٠ مل
- ❖ التركيب الصيدلاني: كل ١ مل من المحلول يحوي على:

#### ▪ خلاصات نباتية Plant Extract:

- الجنسينغ: ٤٠٠ ملغ
- الأملج: ٢٠٠ ملغ
- القولنجان: ١٢٠ ملغ
- القسط الهندي: ٦٥ ملغ
- بذور الكرفس: ٥٠ ملغ
- بذور الخردل: ٥٠ ملغ

#### ▪ مجموعة فيتامين ب B Complex:

- فيتامين B1: 12 ملغ
- فيتامين B2: 10 ملغ
- فيتامين B3: 30 ملغ
- فيتامين B6: 20 ملغ
- فيتامين B9: 400 ميكروغرام
- فيتامين B12: 90 ميكروغرام

#### ▪ عسل طبيعي منقى بتركيز 25 %

- السواغ: ماء مقطر

### ٤. الفحوص السريرية للخيول قبل البدء بالتجربة الميدانية: Clinical examinations of horses before starting the field experiment

في البداية أُجريت الفحوص العامة General Examinations على جميع خيول الدراسة قبل السباق وتضمنت ما يلي:

- ◆ وضعية الوقوف عند الخيول.
- ◆ مستوى الانتباه ورد الفعل.
- ◆ معدل حركات التنفس.
- ◆ حالة الحيوان الغذائية.
- ◆ قياس درجة حرارة الجسم.
- ◆ قياس النبض.
- ◆ مظهر الأغشية المخاطية المرئية.
- ◆ السيلانات الأنفية.
- ◆ الاستماع إلى أصوات القلب والرئتين.

ثم بعد ذلك أُجريت بعض الفحوص الخاصة Private Examinations على جميع خيول الدراسة وتضمنت ما يلي:

◆ فحص القوائم والحوافر .

◆ فحص الروث والتبرز .

بعد الانتهاء من إجراء جميع الفحوص السريرية العامة والخاصة لم تلاحظ أي أعراض مرضية على الخيول المشاركة في التجربة وكانت جميعها سليمة صحياً وبحالة جيدة جداً ومستعدة للسباق، باستثناء اثنان من الخيول حيث ظهر على إحدهما أعراض التهاب الكبد وذلك نتيجة جرعة منشط كيميائي أعطها المرابي للخيل والأخر ظهرت عليه أعراض التعب المزمّن نتيجة الإفراط في التدريب أثناء الموسم.

## ٥. العينات الدموية: Blood Samples

تمّ الحصول على جميع العينات الدموية من الوريد الوداجي (Jugular Vein)، وذلك من خلال تطهير منطقة سحب الدم بالكحول، وبعدها تمّ العمل على إعاقة جريان الدم باستخدام الأصابع في منطقة أعلى الثلث الأوسط من الوريد الوداجي، حتى يمتلئ الدم بالوريد وينتج حيث تمّ ملاحظته بوضوح، بعدها تمّ أخذ إبرة وريدية باليد الأخرى وحقنها في الثلث العلوي من الوريد، حيث تمّ غرزها بشكل مائل وبمعكس جهة جريان الدم بحيث يكون الطرف المدبب للإبرة من جهة الخيل، وغُرِزَتْ في الجلد حتى الوصول إلى لمعة الوريد وتمّ إمالتها بشكل يوازي الوريد مع إبقاء الإبرة ثابتة من خلال تثبيتها بين الأصابع حتى يتمّ تلافي إصابة الشريان السباتي. بعد الحصول على العينة الدموية تمّ سحب الإبرة بسرعة والضغط على الوريد في منطقة الحقن لعدة ثوانٍ حتى لا يحصل نزف بعد سحب الإبرة.

❖ حيث تمّ سحب 20 مل من الدم الوريدي إلى داخل المحقن وقُسمت إلى قسمين بحيث تم وضع 10 مل من الدم في أنابيب اختبار تحوي على مانع تخثر (EDTA) وذلك للتحاليل الدموية و10 مل في أنابيب اختبار لا تحوي مانع تخثر وذلك للتحاليل البيوكيميائية.

❖ بعد ذلك تمّ حفظ جميع العينات عند درجة 8 مئوية تقريباً لمدة تصل إلى ساعتين قبل إجراء التحليلات الدموية والبيوكيميائية وذلك ضمن حاوية فليينية ثلجية معدة لهذا الغرض.

❖ ثم نُقلَت العينات مباشرة إلى مخبر وظائف الأعضاء في كلية الطب البيطري في حماة، حيث نُقلَت العينات الدموية التي لا تحوي على مانع تخثر باستخدام جهاز الطرد المركزي من طراز KUBOTA 5400 ياباني الصنع وتثقيلها بسرعة 2200 دورة بالدقيقة لمدة 10 دقيقة، وذلك بغية الحصول على مصل الدم. بعد ذلك تم وضع المصل في أنابيب أبندورف (Eppendorf Tube)، ورُقمت العينات ثم حُفظت بدرجة حرارة 20°- درجة مئوية لحين إجراء الفحوصات الكيميائية الحيوية.

❖ أما العينات التي تحوي على مانع تخثر EDTA فاستخدمت لإجراء التحاليل الدموية بغية الكشف الكمي عن المكونات الخلوية للدم (عدد الكريات الحمر RBCs - خضاب الدم Hb - الهيماتوكريت HCT) في غضون ساعة إلى ساعتين من زمن جمع العينات الدموية. وتمت جميع المراحل بحسب (Bos et al., 2018).

## ❖ حيث جُمعت العينات الدموية وفق الترتيب التالي:

- **المجموعة الأولى (G1):** تمَّ جمعُ العينات الدموية منها مرة واحدة ولم تخضع لأي سباق خلال موسم السباق؛ لدراسة الاستجابات الفيزيولوجية قبل السباق، من خلال معرفة مستويات وتراكيز العناصر البيوكيميائية ومكونات الدم الخلوية.
- **المجموعة الثانية (G2):** تمَّ جمعُ العينات الدموية منها بعد سباق سرعة مسافة 1600 متر مباشرة؛ لدراسة الاستجابات الفيزيولوجية بعد السباق مباشرة، من خلال معرفة مستويات وتراكيز العناصر البيوكيميائية ومكونات الدم الخلوية.
- **المجموعة الثالثة (G3):** تمَّ جمعُ العينات الدموية منها بعد إعطاء المكمل وسباق سرعة مسافة 1600 متر بعد انتهاء السباق؛ لدراسة تأثير المكمل في الاستجابات الفيزيولوجية بعد السباق مباشرة، من خلال معرفة مستويات وتراكيز العناصر البيوكيميائية ومكونات الدم الخلوية.
- **المجموعة الرابعة (G4):** تمَّ جمعُ العينات الدموية منها بعد سباق سرعة مسافة 1600 متر مباشرة؛ لدراسة الاستجابات الفيزيولوجية بعد السباق مباشرة، من خلال معرفة مستويات وتراكيز العناصر البيوكيميائية ومكونات الدم الخلوية.
- **المجموعة الخامسة (G5):** تمَّ جمعُ العينات الدموية منها بعد إعطاء المكمل وسباق سرعة مسافة 1600 متر وذلك بعد ساعة إلى ساعتين تقريباً من انتهاء السباق؛ لدراسة تأثير المكمل في الاستجابات الفيزيولوجية بعد فترة وجيزة من السباق، من خلال معرفة مستويات وتراكيز العناصر البيوكيميائية ومكونات الدم الخلوية.

## ٦. الاختبارات السريرية والفيزيولوجية الخاصة عند الخيول الرياضية في مجاميع التجربة:

- ٥,١ - **قياس الضغط الدموي الشرياني Measure Arterial Blood Pressure:** تمَّ قياس الضغط الشرياني بالطريقة غير المباشرة في منطقة الذيل عن طريق قياس الضغط الدموي في الشريان العصعصي الأوسط (Coccygeal Artery) بواسطة جهاز قياس الضغط نوع (COLIN- Listmini Smart) ياباني المنشأ. إذ تكون هذه الطريقة آمنة ولا تسبب أعراضاً جانبية عند الخيول، إضافةً إلى أنه يمكن إجراؤها في حالات تغيرات الضغط والتي تترافق مع صعوبة التحكم بالخيول.
- ٥,٢ - **قياس معدل النبض Measure Pulse Rate:** تمَّ قياس معدل النبض بنفس مقياس الضغط الدموي الشرياني السابق الذكر، إذ أنه يحوي خاصية قياس معدل النبض، وتمَّ تأكيدَه من خلال جس الشريان الوجهي على عظم الفك السفلي ولمدة دقيقة واحدة، حيث تمَّ إتباع الطريقة المباشرة والتي تعكس عدد مرات حركة القلب.
- ٥,٣ - **قياس معدل التنفس Measure Breathing Rate:** تمَّ حساب عدد مرات التنفس في الدقيقة من خلال ملاحظة حركة الأضلاع أو حركة فتحتي الأنف عند مجاميع خيول التجربة.
- ٥,٤ - **قياس درجة الحرارة الجسم:** تمَّ قياس درجة حرارة الجسم عند مجاميع خيول التجربة عبر المستقيم بواسطة ميزان حرارة زئبقي بعد ترطيبه بالفازلين.

حيثُ أُجريت هذه الاختبارات بشكلٍ مترافقٍ ومتزامنٍ مع جمع العينات الدموية.

## ٧. التحاليل المخبرية لقياس ومعايرة مكونات الدم الخلوية والبيوكيميائية:

أنجزت كافة الاختبارات الدموية والاختبارات الكيميائية الحيوية المطلوبة في مخابر قسم وظائف الأعضاء في كلية الطب البيطري في جامعة حماه وبالتعاون مع مخبر خاص حيث تم استخدام جهاز المطياف الضوئي للاختبارات الأنزيمية اللونية (Spectrophotometer-20 Genesys) ياباني المنشأ وجهاز لتحليل الشوارد صيني المنشأ.

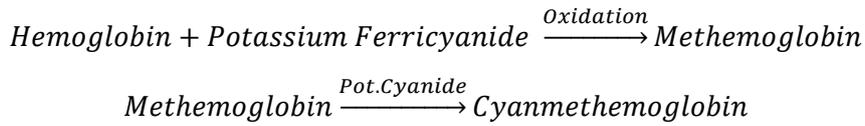
### ٦,١ التحاليل المخبرية لمكونات الدم الخلوية: Laboratory Analysis of Cellular Blood Components

#### ٦,١,١ عدّ الكريات الحمر: Red Blood Cell Count

تمّ عدّ الكريات الحمر باستخدام الطريقة الكلاسيكية التقليدية، التي تضمنت استخدام عدادة نيوباور المعدلة ومجهر ضوئي وماصة الكريات الحمر، حيث تمّ عد الكريات الحمر في خمسة مجموعات من المربع التاسع الأوسط ومن ثم تم ضرب العدد الكلي للكريات الحمراء بمعامل العد  $(\frac{1}{10000})$  أو  $1 \times 10^4$  مم<sup>٣</sup> (العبد وكراد، 2001).

#### ٦,١,٢ تقدير تركيز خضاب الدم: Determination of Hemoglobin Concentration in The Blood

تمّ قياس مستوى تركيز خضاب الدم باستخدام الطريقة اللونية لدرابكين (Drabkin and Austin., 1935)، التي تضمنت استخدام عتيدة التحليل (Kits) والمصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيث كان مبدأ التفاعل بالشكل التالي:



حيث أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المنتجة، وتمت قراءة نتائج العينات على طول موجة (540) نانومتر.

#### ٦,١,٣ تقدير الكسر الحجمي للكريات الحمر أو مكداس الدم أو الهيماتوكريت: Determination of Packed Cells

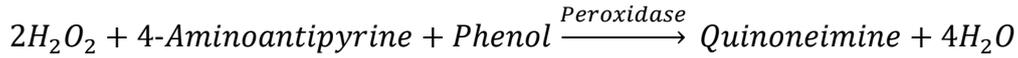
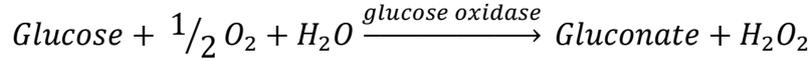
##### Volume or Hematocrit

تمّ إجراء هذا الاختبار باستخدام تقنية التثقيب السريع للأنايبب الشعرية المهبرنة، والتي تضمنت استخدام أنابيب شعرية مهبرنة ومثقلة الهيماتوكريت الخاصة بالاختبار، وتمّ قراءة النتائج على جهاز هاكليلي كنسبة مئوية (%) (العبد وكراد، 2001).

## ٦,٢ التحاليل المخبرية لعناصر الدم البيوكيميائية: Laboratory analysis of blood biochemical elements

### ٦,٢,١ تقدير تركيز الجلوكوز في مصل الدم: Determination of Serum Glucose Concentration

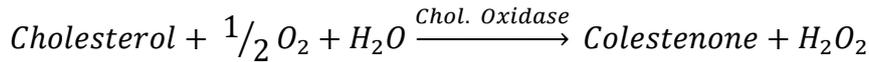
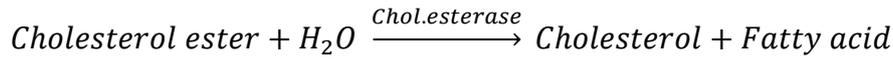
تمَّ قياس مستوى الجلوكوز في مصل الدم باستخدام الطريقة الأنزيمية (Trinder., 1969) التي تضمنت استخدام عتيدة التحليل (Kits) والمُصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيث كان مبدأ التفاعل بالشكل التالي:



حيث أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المُنتجة، وتمتَّ قراءة نتائج العينات على طول موجة (505) نانومتر.

### ٦,٢,٢ تقدير تركيز الكوليستيرول في مصل الدم: Determination of Serum Cholesterol Concentration

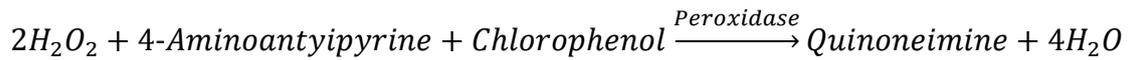
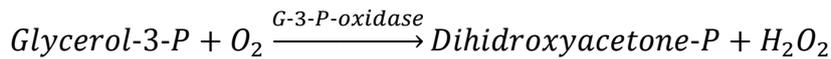
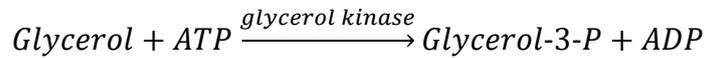
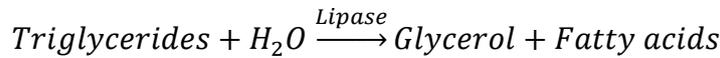
استُخدمت الطريقة الأنزيمية لتقدير مستوى الكوليستيرول في مصل الدم (Allain et al., 1974) باستخدام عتيدة التحليل (Kits) والمُصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيث كان مبدأ التفاعل بالشكل التالي:



حيثُ أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المنتجة، وتمتَّ قراءة نتائج العينات على طول موجة (500±20) نانومتر.

### ٦,٢,٣ تقدير تركيز الغليسيريدات الثلاثية في مصل الدم: Determination of Serum Triglycerides Concentration

استُخدمت الطريقة الأنزيمية لتقدير مستوى الشحوم الثلاثية في مصل الدم (Fossati and Prencipe, 1982) باستخدام عتيدة التحليل (Kits) والمُصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيث كان مبدأ التفاعل بالشكل التالي:



حيثُ أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المُنتجة، وتمتَّ قراءة نتائج العينات على طول موجة (520) نانومتر.

#### ٦,٢,٤ تقدير تركيز البروتين الكلي في مصل الدم: Determination of Serum Total Protein Concentration

تمَّ قياس تركيز البروتين الكلي في مصل الدم باستخدام طريقة البيوريت (Biuret Method) (Gornall et al., 1949) التي تضمنت استخدام عتيدة التحليل (Kits) والمُصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيثُ كان مبدأ الطريقة بالشكل التالي: يتمُّ تكون لون بنفسجي أرجواني violet-purplish عندما تتفاعل أيونات النحاس  $Cu^{+2}$  مع الروابط الببتيدية في الظروف القلوية. حيثُ أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المُنتجة، وتمتُّ قراءة نتائج العينات على طول موجة  $(545 \pm 10)$  نانومتر.

#### ٦,٢,٥ تقدير تركيز الألبومين في مصل الدم: Determination of Serum Albumin Concentration

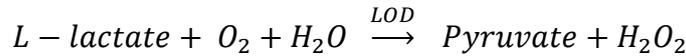
تمَّ قياس تركيز الألبومين في مصل الدم باستخدام طريقة اللونية (Bromocresol Green) (Doumas et al., 1971) التي تضمنت استخدام عتيدة التحليل (Kits) والمُصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيثُ كان مبدأ الطريقة بالشكل التالي: يتمُّ تكون لون معقد لوني عندما يتفاعل الألبومين في ظروف حمضية معتدلة. حيثُ أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المُنتجة، وتمتُّ قراءة نتائج العينات على طول موجة  $(630)$  نانومتر.

#### ٦,٢,٦ تقدير تركيز الكرياتينين في مصل الدم: Determination of Serum Creatinine Concentration

تمَّ قياس تركيز الكرياتينين في مصل الدم باستخدام الطريقة اللونية (Colorimetric Method) (Burtis et al., 1999) التي تضمنت استخدام عتيدة التحليل (Kits) والمُصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيثُ كان مبدأ الطريقة بالشكل التالي:  $Creatinine + Sodium Picrate \rightarrow Red Color (Complex)$  حيثُ أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المُنتجة، وتمتُّ قراءة نتائج العينات على طول موجة  $(500 \pm 20)$  نانومتر.

#### ٦,٢,٧ تقدير تركيز اللاكتات في مصل الدم: Determination of Serum Lactate Concentration

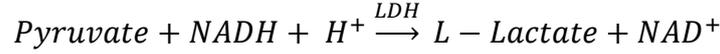
تمَّ قياس مستوى اللاكتات في مصل الدم باستخدام الطريقة الأنزيمية (Tietz., 1995) التي تضمنت استخدام عتيدة التحليل (Kits) والمُصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيثُ كان مبدأ التفاعل بالشكل التالي:



حيثُ أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المُنتجة، وتمتُّ قراءة نتائج العينات على طول موجة  $(546)$  نانومتر.

**٦,٢,٨ تقدير تركيز نازعة هيدروجين اللاكتات في مصل الدم: Determination of Serum Lactate dehydrogenase Concentration**

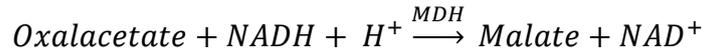
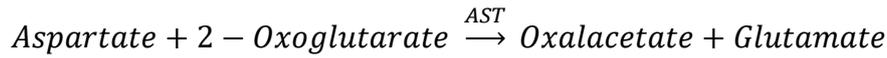
تمّ قياس مستوى نازعة هيدروجين اللاكتات في مصل الدم باستخدام الطريقة الأنزيمية (Kaplan., 1984) التي تضمنت استخدام عتيدة التحليل (Kits) والمصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيثُ كانَ مبدأً التفاعل بالشكل التالي:



حيثُ أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المُنتجة، وتمتّ قراءة نتائج العينات على طول موجة (340) نانومتر.

**٦,٢,٩ تقدير تركيز ناقلّة أمين الأسبارتات في مصل الدم: Determination of Serum Aspartate Concentration**

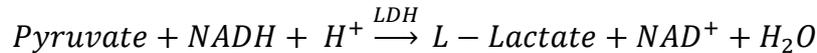
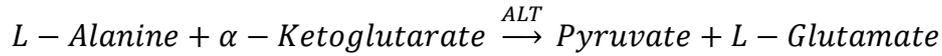
تمّ قياس مستوى ناقلّة أمين الأسبارتات في مصل الدم باستخدام الطريقة الأنزيمية (Gella et al., 1985) التي تضمنت استخدام عتيدة التحليل (Kits) والمُصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيثُ كانَ مبدأً التفاعل بالشكل التالي:



حيثُ أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المُنتجة، وتمتّ قراءة نتائج العينات على طول موجة (340) نانومتر.

**٦,٢,١٠ تقدير تركيز ناقلّة أمين الألائين في مصل الدم: Determination of Serum Alanine Concentration**

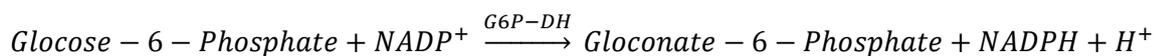
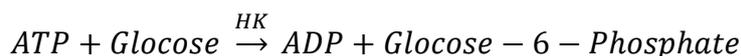
تمّ قياس مستوى ناقلّة أمين الألائين في مصل الدم باستخدام الطريقة الأنزيمية (Huang et al., 2006) التي تضمنت استخدام عتيدة التحليل (Kits) والمُصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيثُ كانَ مبدأً التفاعل بالشكل التالي:



حيثُ أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المُنتجة، وتمتّ قراءة نتائج العينات على طول موجة (340) نانومتر.

### ٦,٢,١١ تقدير تركيز الكرياتين كايغاز في مصل الدم: **Determination of Serum Creatine kinase Concentration**

تمَّ قياس مستوى الكرياتين كايغاز في مصل الدم باستخدام الطريقة الأنزيمية (Horder et al., 1991) التي تضمنت استخدام عتيدة التحليل (Kits) والمُصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيثُ كانَ مبدأً التفاعل بالشكل التالي:



حيثُ أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المُنتجة، وتمت قراءة نتائج العينات على طول موجة (546) نانومتر.

### ٦,٢,١٢ تقدير تركيز شوارد الصوديوم: **Determination of Sodium Ions Concentration**

تمَّ قياس تركيز شوارد الصوديوم في مصل الدم باستخدام الطريقة اللونية (Colorimetric Method) (Kruijswijk., 1975) التي تضمنت استخدام عتيدة التحليل (Kits) والمُصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيثُ كانَ مبدأً الطريقة بالشكل التالي: تفاعل الصوديوم مع كروموجين Chromogen انتقائي لإنتاج كروموفور Chromophore امتصاصه يتناسبُ طردياً مع تركيز الصوديوم في العينة، حيثُ أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المُنتجة، وتمت قراءة نتائج العينات على طول موجة (630) نانومتر.

### ٦,٢,١٣ تقدير تركيز شوارد الكالسيوم: **Determination of Calcium Ions Concentration**

تمَّ قياس تركيز شوارد الكالسيوم في مصل الدم باستخدام الطريقة اللونية (Colorimetric Method) (Gindler & King., 1972) التي تضمنت استخدام عتيدة التحليل (Kits) والمُصنعة من قبل شركة (BIOSYSTEMS) لصناعة الكواشف، حيثُ كانَ مبدأً الطريقة بالشكل التالي: يتفاعل الكالسيوم الموجود في العينة مع الميثيلثيمول الأزرق Methylthymol في وسط قلوي مكوناً معقداً ملوناً يمكن قياسه بواسطة المقياس الطيفي. يتم تضمين الهيدروكسي كينولين في الكاشف لتجنب تداخل المغنيسيوم حيثُ أُجري الاختبار حسب توصيات الشركة المُنتجة، وتمت قراءة نتائج العينات على طول موجة (610±20) نانومتر.

## ٨. الدراسة الإحصائية: Statistical Study

تمَّ إدخال النتائج التي تمَّ الحصول عليها إلى الحاسوب وحُللت باستخدام برنامج (IBM SPSS Statistics /version 25) وحُسبت قيمة  $P$  بطريقة تحليل التباين وحيد الاتجاه (One-way ANOVA)، وتمَّ الحصول على المتوسط (Mean) والانحراف المعياري للمتوسط (Standard Deviation of Mean (SD)، وذلك في كل مجموعة معاملة، وفي كل مرحلة من مراحل التجربة، لتحديد فيما إذا كانت الفروق معنوية أم لا. وتمَّ احتساب الفرق معنوياً عند مستوى احتمال ( $P \leq 0.05$ ). وكذلك تمَّ استخدام المعادلات الإحصائية للعلماء (Tukey, LSD) و (Tamhane, Dunnett) التي تستخدم في المجتمعات الإحصائية الصغيرة التي تقل عن ستة عينات وذلك من أجل معرفة دقة الفروقات المعنوية.

الفصل الرابع

CHAPTER FOUR

النتائج

RESULTS

## ١. نتائج الاختبارات السريرية والفيزيولوجية الخاصة عند خيول السباق في مجاميع التجربة:

### ١,١ - نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للضغط الانقباضي في مجموعات خيول التجربة: Results of Changes in Physiological Responses to Systolic Pressure in Groups of Experimental Horses

#### ◆ نتائج متوسطات الضغط الانقباضي في مجاميع التجربة: وذلك كما هو مبين في الجدول رقم (3)

- ❖ بلغ متوسط الضغط الانقباضي في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $138.6 \pm 6.12$ ) ملم زئبقي، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ في حين بلغ متوسط الضغط الانقباضي في المجموعة الثانية G2 ( $198.1 \pm 11.6$ ) ملم زئبقي، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ بينما بلغ متوسط الضغط الانقباضي في المجموعة الثالثة G3 ( $173.1 \pm 7.35$ ) ملم زئبقي، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
- ❖ وقد بلغ متوسط الضغط الانقباضي في المجموعة الرابعة G4 ( $199.6 \pm 11.8$ ) ملم زئبقي، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- ❖ في حين بلغ متوسط الضغط الانقباضي في المجموعة الخامسة G5 ( $155.1 \pm 9.83$ ) ملم زئبقي، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

#### ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات الضغط الانقباضي في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ ) وهذا يدل على وجود تأثير للسباق والجهد البدني على مستوى الضغط الانقباضي لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، ودلّ الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة، وهذا يدلّ ربما على أنّ حقن المُكمل بعد السباق كان له دور أكبر من حقنه قبل السباق في خفض مستوى الضغط الانقباضي وعودتها للمستوى القريب من الطبيعي.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.05$ )، وهذا يدلّ على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في خفض مستوى الضغط الانقباضي بالمقارنة مع مستوى الضغط الانقباضي في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.05$ )، وهذا يدلّ على تأثير المُكمل في خفض مستوى الضغط الانقباضي في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع مستوى الضغط الانقباضي في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

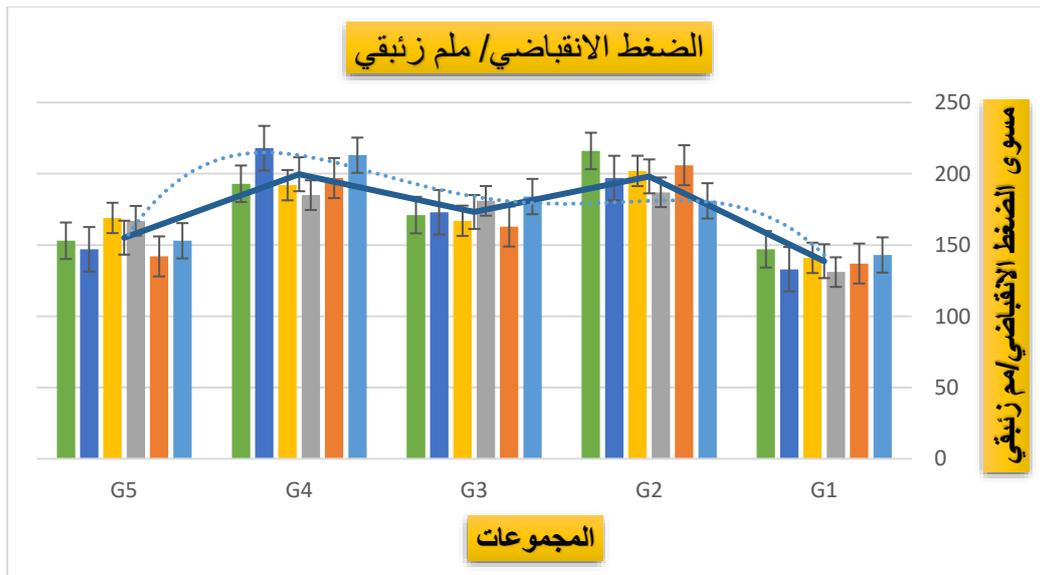
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (3) والمخطط البياني رقم (1).

الجدول رقم (3): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للضغط الانقباضي عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات الضغط الانقباضي ملم زئبقي (mmHg)					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
153	213	184	181	143	1
142	197	163	206	137	2
167	185	181	187	131	3
169	192	167	202	141	4
147	218	173	197	133	5
153	193	171	216	147	6
155.1667 <sup>a</sup>	199.6667 <sup>b</sup>	173.1667 <sup>a</sup>	198.1667 <sup>b</sup>	138.6667	المتوسط الحسابي
9.838981	11.82746	7.357913	11.65356	5.587685	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G4-G2 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (1): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للضغط الانقباضي عند الخيول في مجاميع التجربة.

١,٢ - نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للضغط الانبساطي في مجموعات خيول التجربة: Results of  
Changes in Physiological Responses to Diastolic Pressure in Groups of Experimental Horses:

◆ نتائج متوسطات الضغط الانبساطي في مجاميع التجربة: وذلك كما هو مبين في الجدول رقم (4)

- ❖ بلغ متوسط الضغط الانبساطي في المجموعة الأولى G1 ( $84.3 \pm 3.77$ ) ملم زئبقي، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ في حين بلغ متوسط الضغط الانبساطي في المجموعة الثانية G2 ( $110.1 \pm 7.40$ ) ملم زئبقي، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ بينما بلغ متوسط الضغط الانبساطي في المجموعة الثالثة G3 ( $98.83 \pm 5.87$ ) ملم زئبقي، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
- ❖ وقد بلغ متوسط الضغط الانبساطي في المجموعة الرابعة G4 ( $113.6 \pm 6.26$ ) ملم زئبقي، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- ❖ في حين بلغ متوسط الضغط الانبساطي في المجموعة الخامسة G5 ( $91.83 \pm 9.35$ ) ملم زئبقي، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات الضغط الانبساطي في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ ) وهذا يدل على وجود تأثير للسباق والجهد البدني على مستوى الضغط الانبساطي لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، ودلّ الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة، وهذا يدلّ ربما على أنّ حقن المُكمل بعد السباق كان له دور أكبر من حقنه قبل السباق في خفض مستوى الضغط الانبساطي وعودتها للمستوى القريب من الطبيعي.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.05$ )، وهذا يدلّ على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في خفض مستوى الضغط الانبساطي في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع مستوى الضغط الانبساطي في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.05$ )، وهذا يدلّ على تأثير المُكمل في خفض مستوى الضغط الانبساطي في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع مستوى الضغط الانبساطي في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

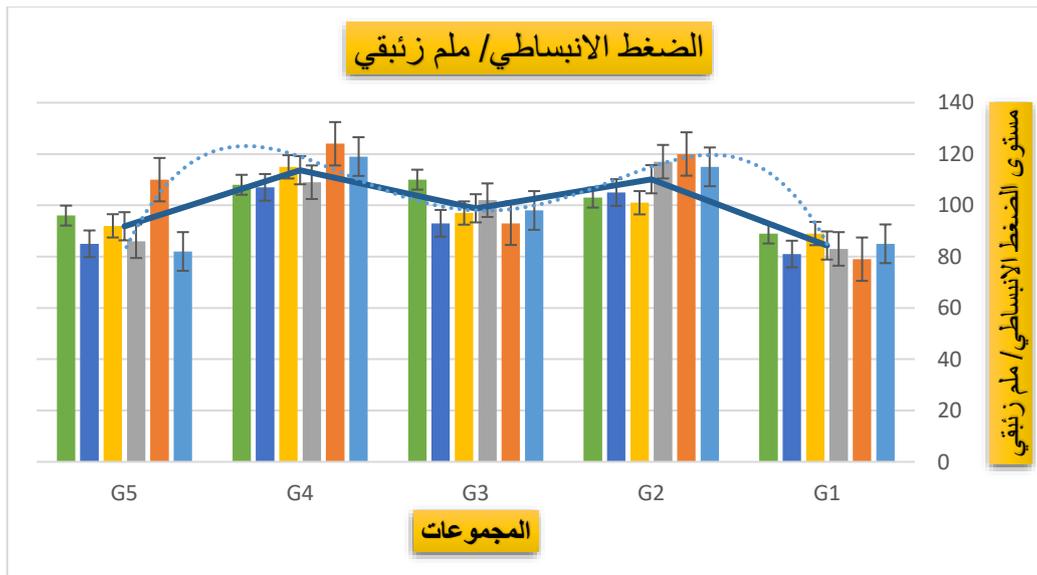
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (4) والمخطط البياني رقم (2).

الجدول رقم (4): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للضغط الانبساطي عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات الضغط الانبساطي / ملم زئبقي (mmHg)					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
82	119	98	115	85	1
110	124	93	120	79	2
86	109	102	117	83	3
92	115	97	101	89	4
85	107	93	105	81	5
96	108	110	103	89	6
91.8333 <sup>a</sup>	113.6667 <sup>b</sup>	98.8333 <sup>a</sup>	110.1667 <sup>b</sup>	84.33333	المتوسط الحسابي
9.352659	6.262765	5.871305	7.403077	3.771236	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G4-G2 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (2): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للضغط الانبساطي عند الخيول في مجاميع التجربة.

١,٣ - نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمعدل النبض في مجموعات خيول التجربة: Results of Changes in Physiological Responses to Pulse Rate in Groups of Experimental Horses:

◆ نتائج متوسطات معدل النبض في مجاميع التجربة: وذلك كما هو مبين في الجدول رقم (5)

- ❖ بلغ متوسط معدل النبض في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $50.8 \pm 6.17$ ) نبضة/دقيقة، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ في حين بلغ متوسط معدل النبض في المجموعة الثانية G2 ( $223.3 \pm 16.02$ ) نبضة/دقيقة، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ بينما بلغ متوسط معدل النبض في المجموعة الثالثة G3 ( $165.8 \pm 17.44$ ) نبضة/دقيقة، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
  - ❖ وقد بلغ متوسط معدل النبض في المجموعة الرابعة G4 ( $219.1 \pm 14.22$ ) نبضة/دقيقة، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
  - ❖ في حين بلغ متوسط معدل النبض في المجموعة الخامسة G5 ( $113.3 \pm 7.52$ ) نبضة/دقيقة، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.
- ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات معدلات النبض في مجاميع التجربة:

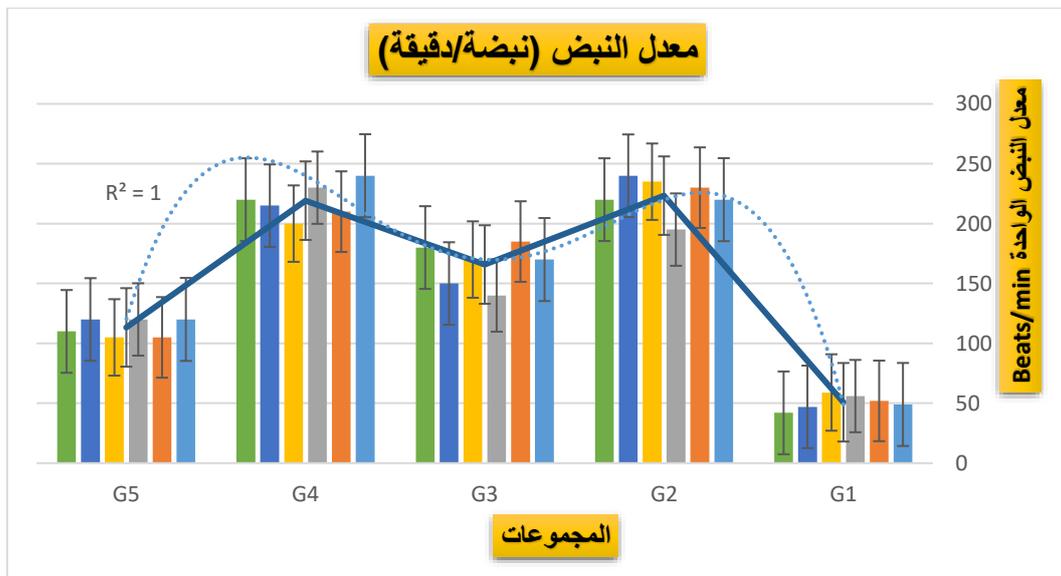
- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع مجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ ) وهذا يدل على وجود تأثير للسباق والجهد البدني على معدل النبض لدى الخيول.
  - ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، ودلّ الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة، وهذا يدلّ ربما على أنّ حقن المُكمل بعد السباق كان له دور أكبر من حقنه قبل السباق في خفض معدل النبض وعودته للمستوى القريب من الطبيعي.
  - ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدلّ على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في خفض معدل النبض في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع معدل النبض في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
  - ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدلّ على تأثير المُكمل في خفض معدل النبض في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع معدل النبض في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
  - ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.
- وكل ذلك مبين في الجدول رقم (5) والمخطط البياني رقم (3).

الجدول رقم (5): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في معدل النبض عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج معدل النبض الواحدة نبضة / دقيقة					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
120	240	170	220	49	1
105	210	185	230	52	2
120	230	140	195	56	3
105	200	170	235	59	4
120	215	150	240	47	5
110	220	180	220	42	6
113.3333 <sup>a</sup>	219.1667 <sup>b</sup>	165.8333 <sup>a</sup>	223.3333 <sup>b</sup>	50.83333	المتوسط الحسابي
7.527727	14.28869	17.44037	16.02082	6.177918	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G4-G2 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقق بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقق بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (3): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في معدل النبض عند الخيول في مجاميع التجربة.

١,٤ - نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمعدل التنفس في مجموعات خيول التجربة: Results of  
Changes in Physiological Responses to Respiratory Rate in Groups of Experimental Horses:

◆ نتائج متوسطات معدل التنفس في مجاميع التجربة: وذلك كما هو مبين في الجدول رقم (6)

- ❖ بلغ متوسط معدل التنفس في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 (14.3±1.03) cycles/min، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ في حين بلغ متوسط معدل التنفس في المجموعة الثانية G2 (85.3±8.98) cycles/min، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ بينما بلغ متوسط معدل التنفس في المجموعة الثالثة G3 (54.8±7.08) cycles/min، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
  - ❖ وقد بلغ متوسط معدل التنفس في المجموعة الرابعة G4 (88.3±8.16) cycles/min، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
  - ❖ في حين بلغ متوسط معدل التنفس في المجموعة الخامسة G5 (32.8±9.23) cycles/min، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.
- ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات معدل التنفس في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع مجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ ) وهذا يدل على وجود تأثيرٍ للسباق والجهد البدني على معدل التنفس لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، ودلّ الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة، وهذا يدلّ ربما على أنّ حقن المُكمل بعد السباق كان له دور أكبر من حقنه قبل السباق في خفض معدل التنفس وعودته للمستوى القريب من الطبيعي.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدلّ على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في خفض معدل التنفس في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع معدل التنفس في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدلّ على تأثير المُكمل في خفض معدل التنفس في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع معدل التنفس في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

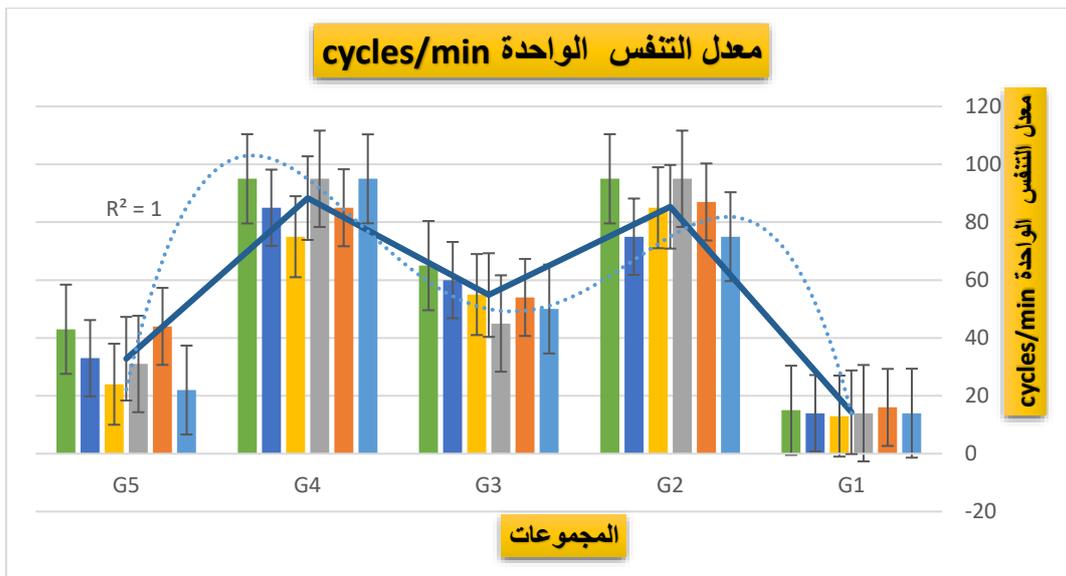
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (6) والمخطط البياني رقم (4).

الجدول رقم (6): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في معدل التنفس عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج معدل التنفس الواحدة cycles/min					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
22	95	50	75	14	1
44	85	54	87	16	2
31	95	45	95	14	3
24	75	55	85	13	4
33	85	60	75	14	5
43	95	65	95	15	6
32.83333 <sup>a</sup>	88.33333 <sup>b</sup>	54.83333 <sup>a</sup>	85.33333 <sup>b</sup>	14.33333	المتوسط الحسابي
9.239408	8.164966	7.082843	8.981462	1.032796	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G4-G2 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقق بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقق بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (4): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في معدل التنفس عند الخيول في مجاميع التجربة.

١,٥ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لدرجة حرارة الجسم في مجموعات خيول التجربة: Results of  
Changes in Physiological Responses to temperature in Groups of Experimental Horses:

◆ نتائج متوسطات درجة الحرارة الجسم في مجاميع التجربة: كما هو مبين في الجدول رقم (7).

- ❖ بلغ متوسط درجة الحرارة الجسم في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $37.5 \pm 0.35$ ) سلسيوس، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ في حين بلغ متوسط درجة الحرارة الجسم في المجموعة الثانية G2 ( $40.7 \pm 0.44$ ) سلسيوس، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ بينما بلغ متوسط درجة الحرارة الجسم في المجموعة الثالثة G3 ( $39.5 \pm 1.24$ ) سلسيوس، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
  - ❖ وقد بلغ متوسط درجة الحرارة الجسم في المجموعة الرابعة G4 ( $40.2 \pm 0.63$ ) سلسيوس، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد سلبي للمجموعة الخامسة.
  - ❖ في حين بلغ متوسط درجة الحرارة الجسم في المجموعة الخامسة G5 ( $38.1 \pm 0.56$ ) سلسيوس، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرة.
- ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات درجات الحرارة في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على وجود تأثيرٍ للسباق والجهد البدني على معدل التنفس لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.05$ )، لكن عند مقارنتها مع المجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ )، ودلّ الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة، وهذا يدلّ ربما على أنّ حقن المُكمل بعد السباق كان له دور أكبر من حقنه قبل السباق في خفض درجة حرارة الجسم وعودته للمستوى القريب من الطبيعي.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.05$ )، وهذا يدلّ على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في خفض درجة حرارة الجسم في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع درجة حرارة الجسم في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.05$ )، وهذا يدلّ على تأثير المُكمل في خفض درجة حرارة الجسم في المجموعة G5 التي حُقنت بالمكمل بعد السباق بالمقارنة مع درجة حرارة الجسم في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

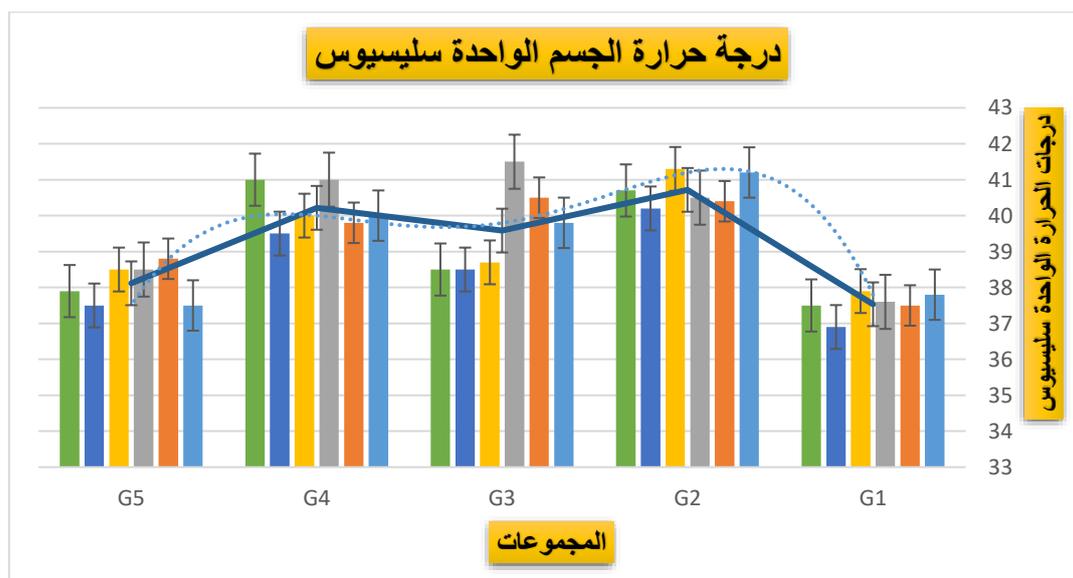
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (7) والمخطط البياني رقم (5).

الجدول رقم (7): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في درجات الحرارة عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج درجة حرارة الجسم الواحدة سلسيوس					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 مجموعة الشاهد السليبي	G1 مجموعة الشاهد	المجموعات العينات
37.5	40	39.8	41.2	37.8	1
38.8	39.8	40.5	40.4	37.5	2
38.5	41	41.5	40.5	37.6	3
38.5	40	38.7	41.3	37.9	4
37.5	39.5	38.5	40.2	36.9	5
37.9	41	38.5	40.7	37.5	6
38.11667 <sup>a</sup>	40.21667 <sup>*b</sup>	39.58333 <sup>*a</sup>	40.71667 <sup>*b</sup>	37.53333	المتوسط الحسابي
0.56006	0.633772	1.240027	0.444597	0.350238	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G2-G4 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (5): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في درجات حرارة الجسم عند الخيول في مجاميع التجربة.

## ٢. نتائج التحاليل المخبرية لمكونات الدم الخلوية عند خيول السباق في مجاميع التجربة:

### ٢,١ - نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لعدد الكريات الحمر في مجموعات خيول التجربة: Results of Changes in Physiological Responses to Red Blood in Groups of Experimental Horses:

#### ◆ نتائج متوسطات عدد الكريات الحمر في مجاميع التجربة: كما هو مبين في الجدول رقم (8).

- ❖ بلغ متوسط عدد الكريات الحمر في مجموعة الشاهد الطبيعي G1  $(9.23 \pm 0.37) \times 10^6 \text{ mm}^3$ ، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ في حين بلغ متوسط عدد الكريات الحمر في المجموعة الثانية G2  $(12.41 \pm 0.25) \times 10^6 \text{ mm}^3$ ، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ بينما بلغ متوسط عدد الكريات الحمر في المجموعة الثالثة G3  $(10.58 \pm 0.44) \times 10^6 \text{ mm}^3$ ، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
  - ❖ وقد بلغ متوسط عدد الكريات الحمر في المجموعة الرابعة G4  $(13.11 \pm 0.65) \times 10^6 \text{ mm}^3$ ، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
  - ❖ في حين بلغ متوسط عدد الكريات الحمر في المجموعة الخامسة G5  $(9.03 \pm 0.84) \times 10^6 \text{ mm}^3$ ، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.
- #### ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات عدد الكريات الحمر في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على وجود تأثير للسباق والجهد البدني على عدد الكريات الحمر لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 كانت هناك فروقات معنوية مع المجموعة الثالثة ( $P \leq 0.002$ ) ولم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) مع المجموعة الخامسة، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0002$ )، وهذا يدل على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم عدد الكريات الحمر في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع عدد الكريات الحمر في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم عدد الكريات الحمر في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع عدد الكريات الحمر في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

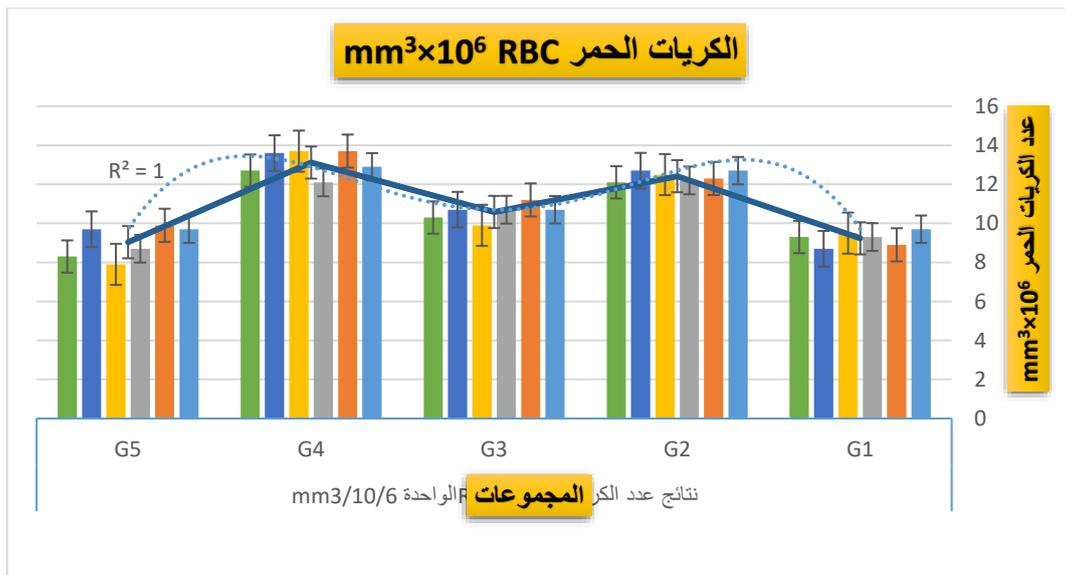
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (8) والمخطط البياني رقم (6).

الجدول رقم (8): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لعدد الكريات الحمر عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج عدد الكريات الحمر RBC الواحدة $10^6 \times \text{mm}^3$					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 مجموعة الشاهد السلبي	G1 مجموعة الشاهد	المجموعات العينات
9.7	12.9	10.7	12.7	9.7	1
9.9	13.7	11.2	12.3	8.9	2
8.7	12.1	10.7	12.2	9.3	3
7.9	13.7	9.9	12.5	9.5	4
9.7	13.6	10.7	12.7	8.7	5
8.3	12.7	10.3	12.1	9.3	6
9.033333* <sup>a</sup>	13.11667* <sup>b</sup>	10.58333* <sup>a</sup>	12.41667* <sup>b</sup>	9.233333	المتوسط الحسابي
0.84538	0.658534	0.440076	0.256255	0.37238	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G2-G4 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقق بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقق بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقت بالمكمل قبل السباق مباشرة G4: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقق بالمكمل G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (6): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في عدد الكريات الحمر عند الخيول في مجاميع التجربة.

٢,٢ - نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتركيز خضاب الدم في مجموعات خيول التجربة: Results of  
Changes in Physiological Responses to Hemoglobin in Groups of Experimental Horses

◆ نتائج متوسطات تركيز خضاب الدم في مجاميع التجربة: كما هو مبين في الجدول رقم (9).

- ❖ بلغ متوسط تركيز خضاب الدم في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $14.6 \pm 0.48$ ) g/dl، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ في حين بلغ متوسط تركيز خضاب الدم في مجموعة الشاهد السلبي G2 ( $21.1 \pm 0.63$ ) g/dl، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ بينما بلغ متوسط تركيز خضاب الدم في المجموعة الثالثة G3 ( $16.1 \pm 0.41$ ) g/dl، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
  - ❖ وقد بلغ متوسط تركيز خضاب الدم في المجموعة الرابعة G4 ( $22.1 \pm 0.41$ ) g/dl، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد سلبي للمجموعة الخامسة.
  - ❖ في حين بلغ متوسط تركيز خضاب الدم في المجموعة الخامسة G5 ( $14.4 \pm 0.56$ ) g/dl، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرة.
- ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز خضاب الدم في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على وجود تأثيرٍ للسباق والجهد البدني على عدد خضاب الدم لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 كانت هناك فروقات معنوية مع المجموعة الثالثة ( $P \leq 0.0001$ ) ولم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) مع المجموعة الخامسة، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم خضاب الدم في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز خضاب الدم في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز خضاب الدم في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز خضاب الدم في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

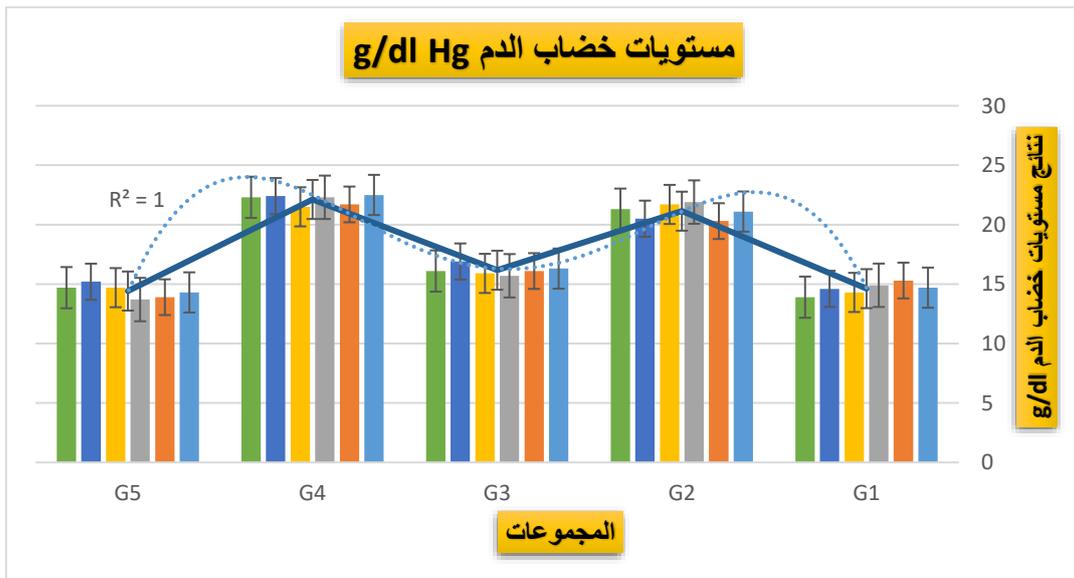
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (9) والمخطط البياني رقم (7).

الجدول رقم (9): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تركيز خضاب الدم عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات خضاب الدم Hb الواحدة g/dl					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
14.3	22.5	16.3	21.1	14.7	1
13.9	21.7	16.1	20.3	15.3	2
13.7	22.3	15.7	21.9	14.9	3
14.7	21.5	15.9	21.7	14.3	4
15.2	22.4	16.9	20.5	14.6	5
14.7	22.3	16.1	21.3	13.9	6
14.41667 <sup>a</sup>	22.11667 <sup>b</sup>	16.16667 <sup>a</sup>	21.13333 <sup>b</sup>	14.61667	المتوسط الحسابي
0.56006	0.411906	0.413118	0.637704	0.483391	الانحراف المعياري

يبدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويبدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G4-G2 ويبدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (7): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في تركيز خضاب الدم عند الخيول في مجاميع التجربة.

٣,٢ - نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للهيماتوكريت في مجموعات خيول التجربة: Results of  
Changes in Physiological Responses to Hematocrit in Groups of Experimental Horses

◆ نتائج متوسطات النسبة المئوية للهيماتوكريت في مجاميع التجربة: مبين في الجدول رقم (10).

- ❖ بلغ متوسط النسبة المئوية للهيماتوكريت في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $41.8 \pm 4.83$ ) %، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ في حين بلغ متوسط النسبة المئوية للهيماتوكريت في المجموعة الثانية G2 ( $52.3 \pm 5.85$ ) %، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ بينما بلغ متوسط النسبة المئوية للهيماتوكريت في المجموعة الثالثة G3 ( $43.3 \pm 2.92$ ) %، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
- ❖ وقد بلغ متوسط النسبة المئوية للهيماتوكريت في المجموعة الرابعة G4 ( $52.3 \pm 4.91$ ) %، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- ❖ في حين بلغ متوسط النسبة المئوية للهيماتوكريت في المجموعة الخامسة G5 ( $42.1 \pm 6.27$ ) %، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات النسبة المئوية للهيماتوكريت مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على وجود تأثيرٍ للسباق والجهد البدني على عدد خضاب الدم لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 كانت هناك فروقات معنوية مع المجموعة الثالثة ( $P \leq 0.0001$ ) ولم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) مع المجموعة الخامسة، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم النسبة المئوية للهيماتوكريت في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع النسبة المئوية للهيماتوكريت في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم النسبة المئوية للهيماتوكريت في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع النسبة المئوية للهيماتوكريت في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللذين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

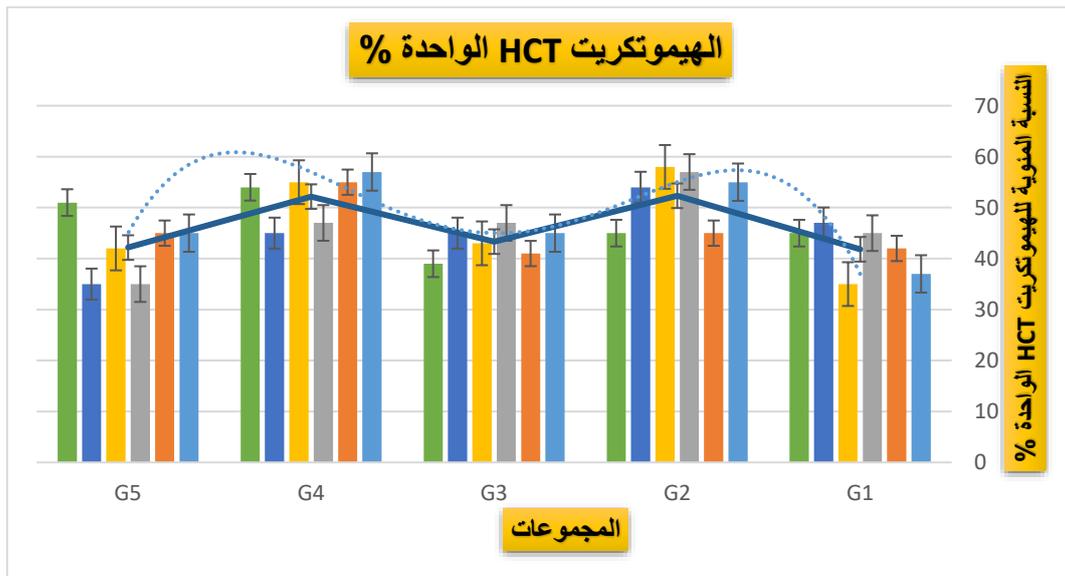
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (10) والمخطط البياني رقم (8).

الجدول رقم (10): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية للنسبة المئوية للهيماتوكريت عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج النسبة المئوية للهيماتوكريت HCT الواحدة %					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
45	57	45	55	37	1
45	55	41	45	42	2
35	47	47	57	45	3
42	55	43	58	35	4
35	45	45	54	47	5
51	54	39	45	45	6
42.16667 <sup>*a</sup>	52.16667 <sup>*b</sup>	43.33333 <sup>*a</sup>	52.33333 <sup>*b</sup>	41.83333	المتوسط الحسابي
6.274286	4.91596	2.94392	5.853774	4.833908	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G2-G4 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (8): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في النسبة المئوية للهيماتوكريت عند الخيول في مجاميع التجربة.

### ٣. نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمكونات الدم البيوكيميائية عند خيول السباق في مجاميع التجربة:

٣,١ - نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تركيز الجلوكوز في مجموعات خيول التجربة: Results of Changes in Physiological Responses to Glucose Levels in Groups of Experimental Horses

#### ◆ نتائج متوسطات تراكيز الجلوكوز في مجاميع التجربة: وذلك كما هو مبين في الجدول رقم (11).

- ❖ بلغ متوسط تركيز الجلوكوز في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $92.3 \pm 13.5$ ) ملغ/دل، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الجلوكوز في المجموعة الثانية G2 ( $187.6 \pm 16.4$ ) ملغ/دل، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ بينما بلغ متوسط تركيز الجلوكوز في المجموعة الثالثة G3 ( $136.1 \pm 26.5$ ) ملغ/دل، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
- ❖ وقد بلغ متوسط تركيز الجلوكوز في المجموعة الرابعة G4 ( $189.5 \pm 15.6$ ) ملغ/دل، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الجلوكوز في المجموعة الخامسة G5 ( $97.8 \pm 9.2$ ) ملغ/دل، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

#### ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز الجلوكوز في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على وجود تأثيرٍ للسباق والجهد البدني على تركيز الجلوكوز لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 كانت هناك فروقات معنوية مع المجموعة الثالثة ( $P \leq 0.0001$ ) ولم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) مع المجموعة الخامسة، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم تركيز الجلوكوز في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز الجلوكوز في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز الجلوكوز في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز الجلوكوز في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

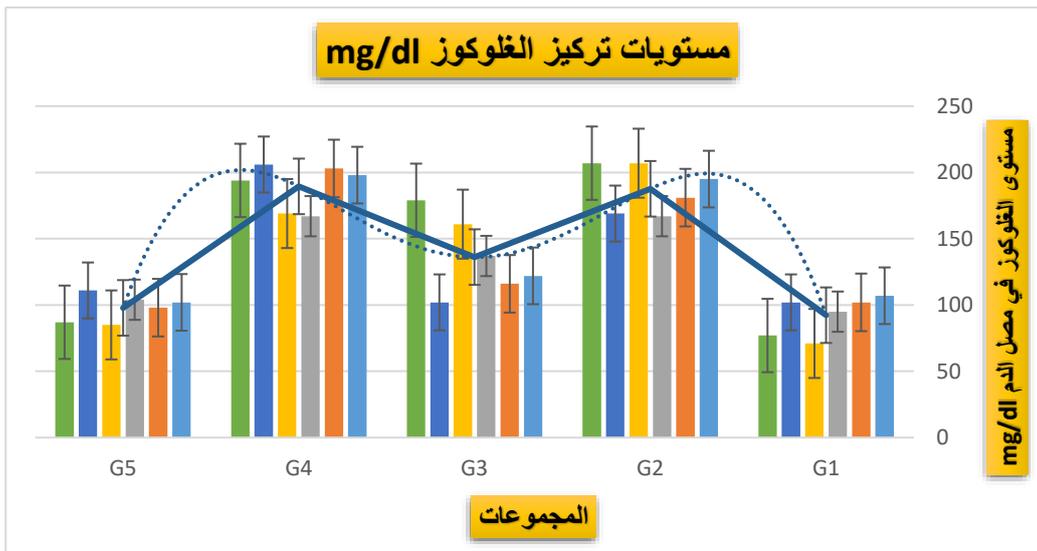
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (11) والمخطط البياني رقم (9).

الجدول رقم (11): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الجلوكوز عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات تركيز الجلوكوز في مصل الدم mg/dl						
المجموعات	G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	العينات
	102	198	122	195	107	1
	98	203	116	181	102	2
	104	167	137	167	95	3
	85	169	161	207	71	4
	111	206	102	169	102	5
	87	194	179	207	77	6
المتوسط الحسابي	97.83333 <sup>a</sup>	189.5 <sup>*b</sup>	136.1667 <sup>*a</sup>	187.6667 <sup>*b</sup>	92.33333	
الانحراف المعياري	9.227074	15.6711	26.5419	16.43844	13.53596	

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G4-G2 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (9): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في مستويات تركيز الجلوكوز عند الخيول في مجاميع التجربة.

٣,٢ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تركيز الكوليستيرول في مجموعات خيول التجربة: Results  
of Changes in Physiological Responses to Cholesterol level in Groups of Experimental Horses

◆ نتائج متوسطات تراكيز الكوليستيرول في مجاميع التجربة: وذلك كما هو مبين في الجدول رقم (12)

- ❖ بلغ متوسط تركيز الكوليستيرول في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $63.6 \pm 8.8$ ) ملغ/دل، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الكوليستيرول في المجموعة الثانية G2 ( $98.4 \pm 8.7$ ) ملغ/دل، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ بينما بلغ متوسط تركيز الكوليستيرول في المجموعة الثالثة G3 ( $59.8 \pm 7.7$ ) ملغ/دل، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
  - ❖ وقد بلغ متوسط تركيز الكوليستيرول في المجموعة الرابعة G4 ( $99.5 \pm 8.4$ ) ملغ/دل، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
  - ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الكوليستيرول في المجموعة الخامسة G5 ( $60.3 \pm 4.5$ ) ملغ/دل، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.
- ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز الكوليستيرول في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.003$ )، وهذا يدل على وجود تأثير طفيف للسباق والجهد البدني على تركيز الكوليستيرول لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ )، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.002$ )، وهذا يدل على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم تركيز الكوليستيرول في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز الكوليستيرول في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.006$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز الكوليستيرول في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز الكوليستيرول في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.
- ❖ وبشكل عام دلت الاختبارات الإحصائية على أن الفروقات المعنوية كانت صغيرة نسبياً وهذا يدل على عدم تأثير قيم الكوليستيرول في مجاميع التجربة بشكل كبير.

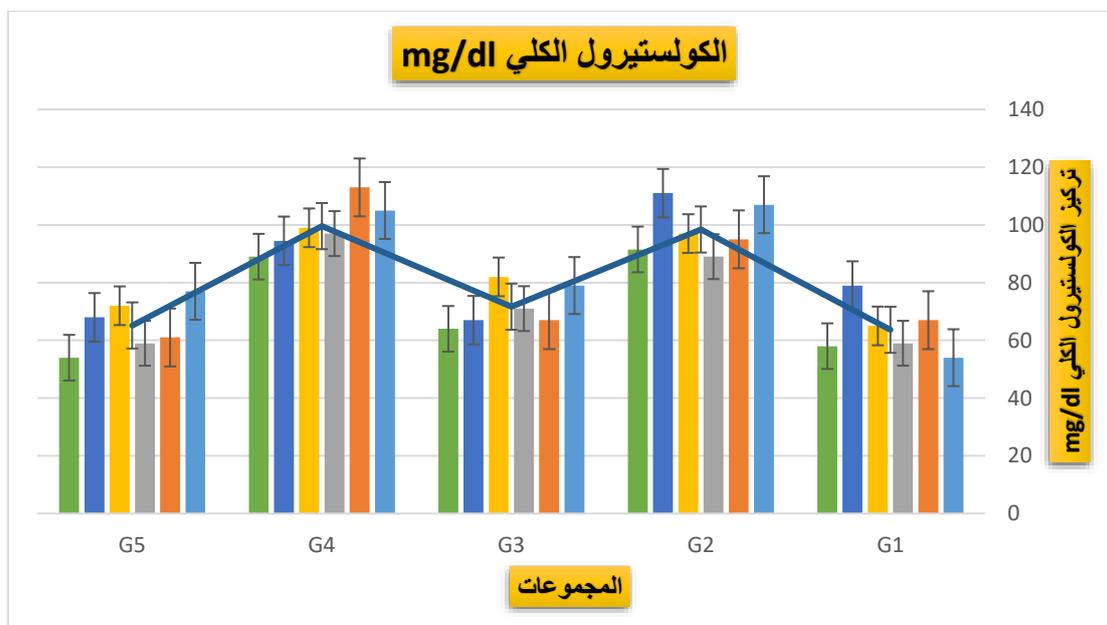
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (12) والمخطط البياني رقم (10).

الجدول رقم (12): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الكولستيرول عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات الكولستيرول الكلي mg/dl					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
54	105	57	107	54	1
61	113	49	95	67	2
59	97	71	89	59	3
59	89	63	97	65	4
68	94	64	91	79	5
61	99	55	111	58	6
60.33333 <sup>a</sup>	99.58333 <sup>*b</sup>	59.83333 <sup>a</sup>	98.41667 <sup>*b</sup>	63.66667	المتوسط الحسابي
4.546061	8.416749	7.756718	8.743093	8.891944	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G4-G2 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (10): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في مستويات تركيز الكولستيرول عند الخيول في مجاميع التجربة.

٣,٣ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تركيز الغليسيريدات الثلاثية في مجموعات خيول التجربة:  
Results of Changes in Physiological Triglycerides Levels in Groups of Experimental Horses:

◆ نتائج متوسطات تراكيز الغليسيريدات الثلاثية في مجاميع التجربة: الجدول رقم (13)

- ❖ بلغ متوسط تركيز الغليسيريدات الثلاثية في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $39.6 \pm 6.1$ ) ملغ/دل، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الغليسيريدات الثلاثية في المجموعة الثانية G2 ( $60.6 \pm 4.9$ ) ملغ/دل، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ بينما بلغ متوسط تركيز الغليسيريدات الثلاثية في المجموعة الثالثة G3 ( $43.6 \pm 5.6$ ) ملغ/دل، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
  - ❖ وقد بلغ متوسط تركيز الغليسيريدات الثلاثية في المجموعة الرابعة G4 ( $61.1 \pm 5.2$ ) ملغ/دل، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
  - ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الغليسيريدات الثلاثية في المجموعة الخامسة G5 ( $41.8 \pm 3.1$ ) ملغ/دل، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.
- ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز الغليسيريدات الثلاثية في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية ( $P \leq 0.05$ )، وهذا يدل على وجود تأثير طفيف للسباق والجهد البدني على تركيز الغليسيريدات الثلاثية لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ )، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ )، وهذا يدل على أن التغيرات في تراكيز الغليسيريدات الثلاثية كانت طفيفة جداً، ويدل أيضاً على أن حقن المُكمل قبل وبعد السباق يساهم في تنظيم تركيز الغليسيريدات الثلاثية في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز الغليسيريدات الثلاثية في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.05$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز الغليسيريدات الثلاثية في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز الغليسيريدات الثلاثية في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.
- ❖ وبشكل عام دلت الاختبارات الإحصائية على أن الفروقات المعنوية كانت صغيرة نسبياً وهذا يدل على عدم تأثير قيم الغليسيريدات الثلاثية في مجاميع التجربة بشكل كبير.

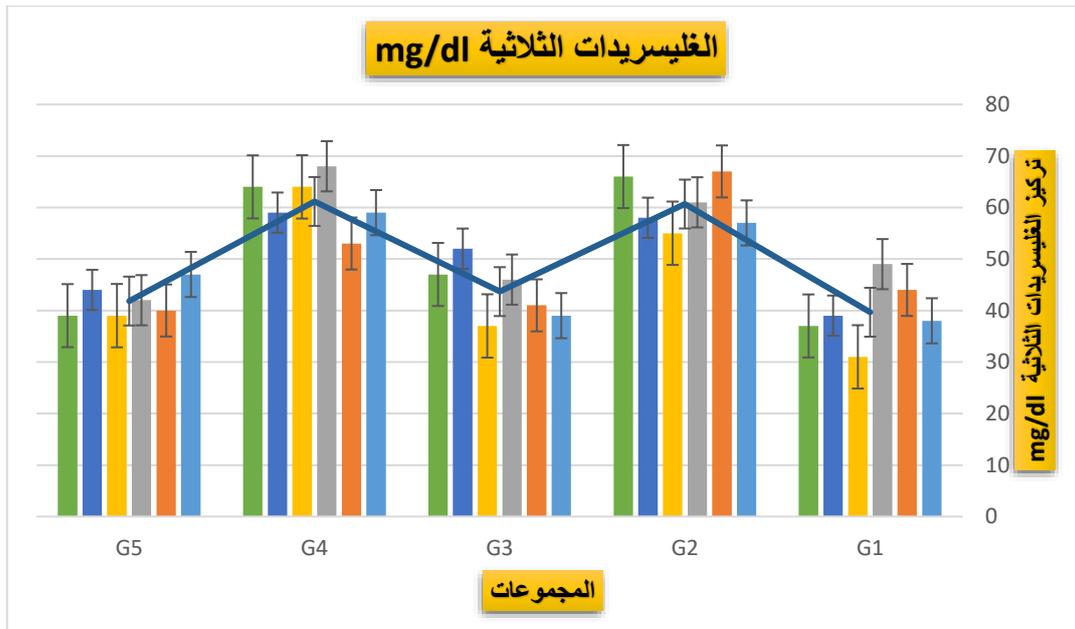
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (13) والمخطط البياني رقم (11).

الجدول رقم (13): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الغليسريدات الثلاثية عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات الغليسريدات الثلاثية mg/dl					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
47	59	39	57	38	1
40	53	41	67	44	2
42	68	46	61	49	3
39	64	37	55	31	4
44	59	52	58	39	5
39	64	47	66	37	6
41.83333 <sup>a</sup>	61.16667 <sup>b*</sup>	43.66667 <sup>a</sup>	60.6667 <sup>*</sup>	39.66667	المتوسط الحسابي
3.188521	5.269409	5.645057	4.926121	6.186006	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G2-G4 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (11): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في مستويات تركيز الغليسريدات الثلاثية عند الخيول في مجاميع التجربة.

٣,٤ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات البروتين الكلي في مجموعات خيول التجربة: Results of  
Changes in Physiological Responses to protein Levels in Groups of Experimental Horses:

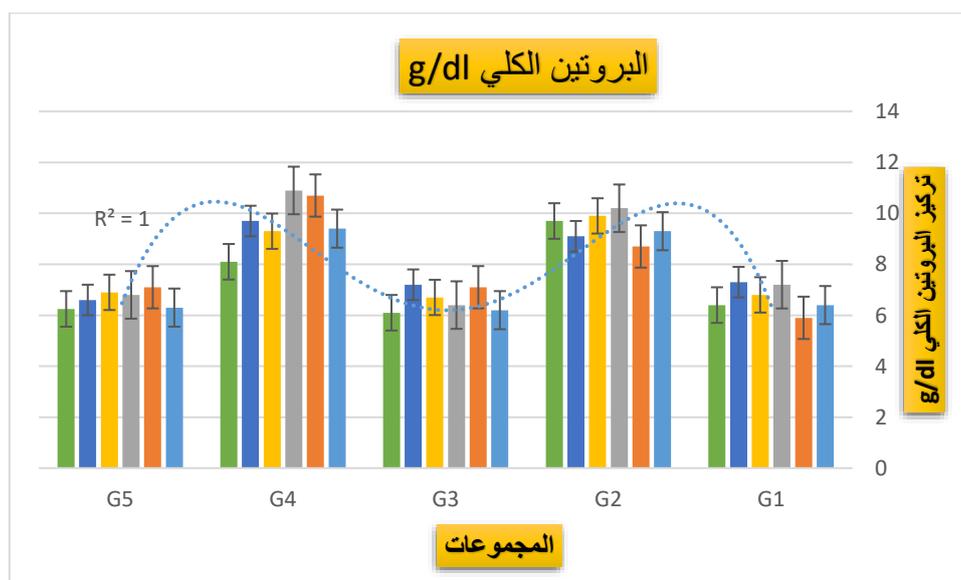
- ◆ نتائج متوسطات تراكيز البروتين الكلي في مجاميع التجربة: كما هو مبين في الجدول رقم (14).
- ❖ بلغ متوسط تركيز البروتين الكلي في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $6.6 \pm 0.53$ ) غ/دل، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز البروتين الكلي في المجموعة الثانية G2 ( $9.4 \pm 0.55$ ) غ/دل، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ بينما بلغ متوسط تركيز البروتين الكلي في المجموعة الثالثة G3 ( $6.6 \pm 0.46$ ) غ/دل، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
- ❖ وقد بلغ متوسط تركيز البروتين الكلي في المجموعة الرابعة G4 ( $9.6 \pm 1.02$ ) غ/دل، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز البروتين الكلي في المجموعة الخامسة G5 ( $6.4 \pm 0.44$ ) غ/دل، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.
- ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز البروتين الكلي في مجاميع التجربة:
- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على وجود تأثيرٍ للسباق والجهد البدني على تركيز البروتين الكلي لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ )، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على أن حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم تركيز البروتين الكلي في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز البروتين الكلي في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز البروتين الكلي في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز البروتين الكلي في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.
- وكل ذلك مبين في الجدول رقم (14) والمخطط البياني رقم (12).

الجدول رقم (14): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز البروتين الكلي عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات البروتين الكلي g/dl					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
6.3	9.4	6.2	9.3	6.4	1
7.1	10.7	7.1	8.7	5.9	2
6.8	10.9	6.4	10.2	7.2	3
6.9	9.3	6.7	9.9	6.8	4
6.6	9.7	7.2	9.1	7.3	5
6.2	8.1	6.1	9.7	6.4	6
6.658333 <sup>a</sup>	9.683333 <sup>b</sup>	6.616667 <sup>a</sup>	9.483333 <sup>b</sup>	6.666667	المتوسط الحسابي
0.338255	1.0245324	0.462241	0.552871	0.535413	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G2-G4 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (12): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في مستويات تركيز البروتين الكلي عند الخيول في مجاميع التجربة.

٣,٥ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات الألبومين في مجموعات خيول التجربة: Results of  
Changes in Physiological Responses to Albumin Levels in Groups of Experimental Horses:

◆ نتائج متوسطات تراكيز الألبومين في مجاميع التجربة: كما هو مبين في الجدول رقم (15).

- ❖ بلغ متوسط تركيز الألبومين في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $2.9 \pm 0.49$ ) غ/دل، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الألبومين في المجموعة الثانية G2 ( $4.4 \pm 0.25$ ) غ/دل، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
  - ❖ بينما بلغ متوسط تركيز الألبومين في المجموعة الثالثة G3 ( $3.1 \pm 0.39$ ) غ/دل، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
  - ❖ وقد بلغ متوسط تركيز الألبومين في المجموعة الرابعة G4 ( $4.3 \pm 0.27$ ) غ/دل، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
  - ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الألبومين في المجموعة الخامسة G5 ( $3.1 \pm 0.49$ ) غ/دل، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.
- ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز الألبومين في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على وجود تأثيرٍ للسباق والجهد البدني على تركيز الألبومين لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ )، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم تركيز الألبومين في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز الألبومين في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز الألبومين في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز الألبومين في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

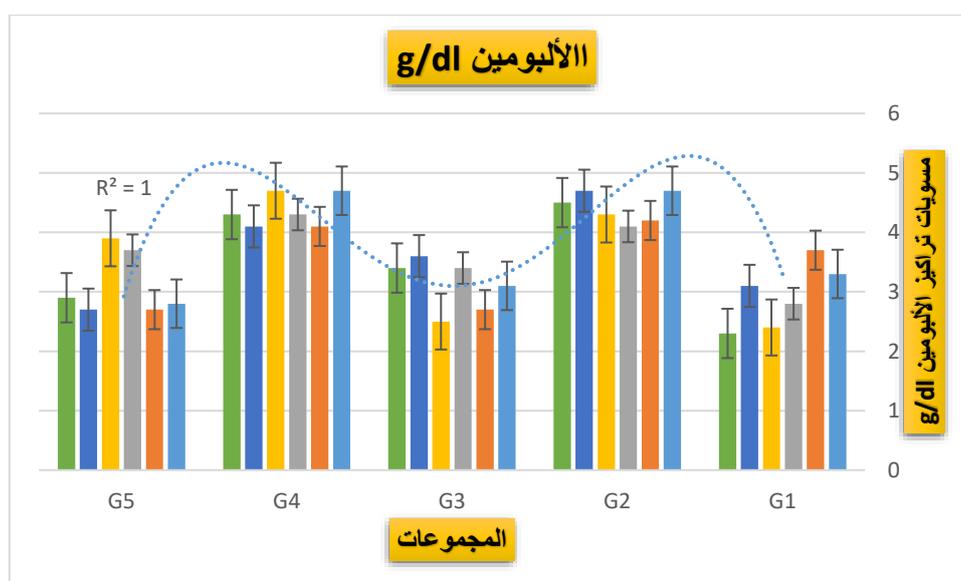
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (15) والمخطط البياني رقم (13).

الجدول رقم (15): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الألبومين عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات تركيز الألبومين g/dl					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
2.8	4.7	3.1	4.7	3.3	1
2.7	4.1	2.7	4.2	3.7	2
3.7	4.3	3.4	4.1	2.8	3
3.9	4.7	2.5	4.3	2.4	4
2.7	4.1	3.6	4.7	3.1	5
2.9	4.3	3.4	4.5	2.3	6
3.116667 <sup>a</sup>	4.3666666 <sup>b</sup>	3.116667 <sup>a</sup>	4.4166666 <sup>b</sup>	2.9333333	المتوسط الحسابي
0.491313	0.2732520	0.397562	0.2562550	0.492161	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G2-G4 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (13): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في مستويات تركيز الألبومين عند الخيول في مجاميع التجربة.

٣,٦ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تركيز الكرياتينين في مجموعات خيول التجربة: Results  
of Changes in Physiological Responses Creatinine Levels in Groups of Experimental Horses:

◆ نتائج متوسطات تراكيز الكرياتينين في مجاميع التجربة: الجدول رقم (16)

- ❖ بلغ متوسط تركيز الكرياتينين في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $1.56 \pm 0.28$ ) ملغ/دل، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الكرياتينين في المجموعة الثانية G2 ( $3.58 \pm 0.74$ ) ملغ/دل، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ بينما بلغ متوسط تركيز الكرياتينين في المجموعة الثالثة G3 ( $1.73 \pm 0.34$ ) ملغ/دل، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
- ❖ وقد بلغ متوسط تركيز الكرياتينين في المجموعة الرابعة G4 ( $3.36 \pm 1.04$ ) ملغ/دل، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الكرياتينين في المجموعة الخامسة G5 ( $1.46 \pm 0.31$ ) ملغ/دل، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز الكرياتينين في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على وجود تأثير للسباق والجهد البدني على تركيز الكرياتينين لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ )، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم تركيز الكرياتينين في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز الكرياتينين في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز الكرياتينين في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز الكرياتينين في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

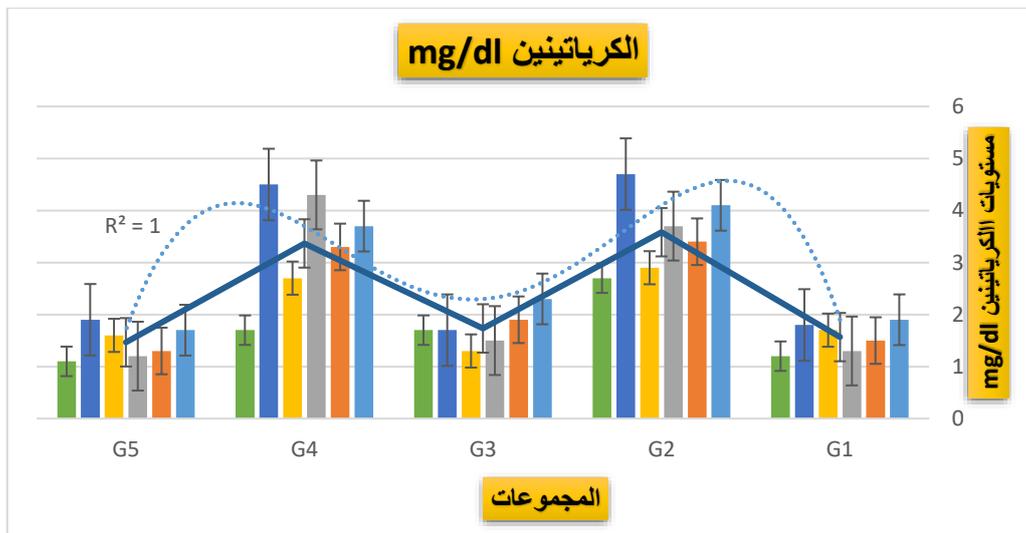
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (16) والمخطط البياني رقم (14).

الجدول رقم (16): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الكرياتينين عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات تركيز الكرياتينين mg/dl					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
1.7	3.7	2.3	4.1	1.9	1
1.3	3.3	1.9	3.4	1.5	2
1.2	4.3	1.5	3.7	1.3	3
1.6	2.7	1.3	2.9	1.7	4
1.9	4.5	1.7	4.7	1.8	5
1.1	1.7	1.7	2.7	1.2	6
1.466667* <sup>b</sup>	3.366667* <sup>a</sup>	1.733333* <sup>a</sup>	3.583333* <sup>b</sup>	1.566667	المتوسط الحسابي
0.314113	1.048173	0.34448	0.749444	0.280476	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G2-G4 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (14): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في مستويات تركيز الكرياتينين عند الخيول في مجاميع التجربة.

٣,٧ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تركيز اللاكتات في مجموعات خيول التجربة: Results of  
Changes in Physiological Responses to Lactate Levels in Groups of Experimental Horses:

◆ نتائج متوسطات تراكيز اللاكتات في مجاميع التجربة: الجدول رقم (17)

- ❖ بلغ متوسط تركيز اللاكتات في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 (1.51±0.21) mmol/l، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز اللاكتات في المجموعة الثانية G2 (19.1±1.49) mmol/l، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ بينما بلغ متوسط تركيز اللاكتات في المجموعة الثالثة G3 (9.95±2.46) mmol/l، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
- ❖ وقد بلغ متوسط تركيز اللاكتات في المجموعة الرابعة G4 (19.83±1.83) mmol/l، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز اللاكتات في المجموعة الخامسة G5 (2.91±0.99) mmol/l، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز اللاكتات في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على وجود تأثيرٍ للسباق والجهد البدني على تركيز اللاكتات لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 كانت هناك فروقات معنوية مع المجموعة الثالثة ( $P \leq 0.0001$ ) ولم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) مع المجموعة الخامسة، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على أن حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم تركيز اللاكتات في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز اللاكتات في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز اللاكتات في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز اللاكتات في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

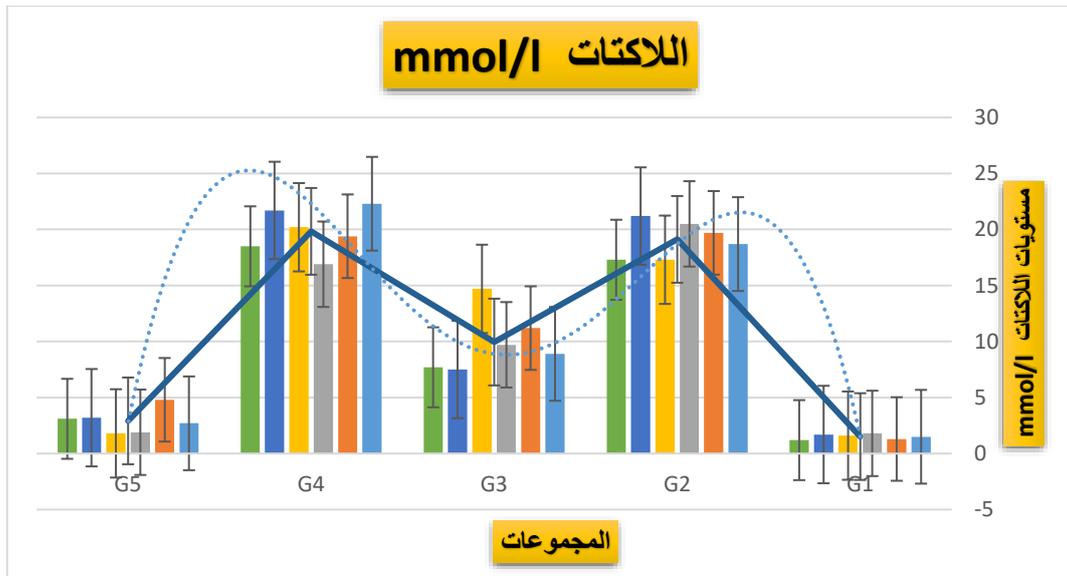
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (17) والمخطط البياني رقم (15).

الجدول رقم (17): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز اللاكتات عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات تركيز اللاكتات mmol/l					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
2.7	22.3	8.9	18.7	1.5	1
4.8	19.4	11.2	19.7	1.3	2
1.9	16.9	9.71	20.5	1.8	3
1.8	20.2	14.7	17.3	1.6	4
3.2	21.7	7.5	21.2	1.7	5
3.1	18.5	7.7	17.3	1.2	6
2.916667 <sup>a</sup>	19.83333 <sup>b</sup>	9.951667 <sup>a</sup>	19.11667 <sup>b</sup>	1.516667	المتوسط الحسابي
0.999027	1.838175	2.461371	1.492667	0.211476	الانحراف المعياري

يبدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويبدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G4-G2 ويبدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (15): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في مستويات تركيز اللاكتات عند الخيول في مجاميع التجربة.

٣,٨ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات اللاكتات ديهيدروجيناز في مجموعات خيول التجربة:

### Results of Changes in Physiological to LDH Levels in Groups of Experimental Horses:

#### ◆ نتائج متوسطات تراكيز اللاكتات ديهيدروجيناز في مجاميع التجربة: الجدول رقم (18)

- ❖ بلغ متوسط تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 (223.6±12.5) U/L، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز في المجموعة الثانية G2 (337.8±14.4) U/L، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ بينما بلغ متوسط تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز في المجموعة الثالثة G3 (248.5±11.5) U/L، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
- ❖ وقد بلغ متوسط تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز في المجموعة الرابعة G4 (344.1±12.7) U/L، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز في المجموعة الخامسة G5 (337.8±6.7) U/L، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

#### ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز اللاكتات ديهيدروجيناز في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على وجود تأثيرٍ للسباق والجهد البدني على تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 كانت هناك فروقات معنوية مع المجموعة الثالثة ( $P \leq 0.0001$ ) ولم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) مع المجموعة الخامسة، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمُكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمُكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمُكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

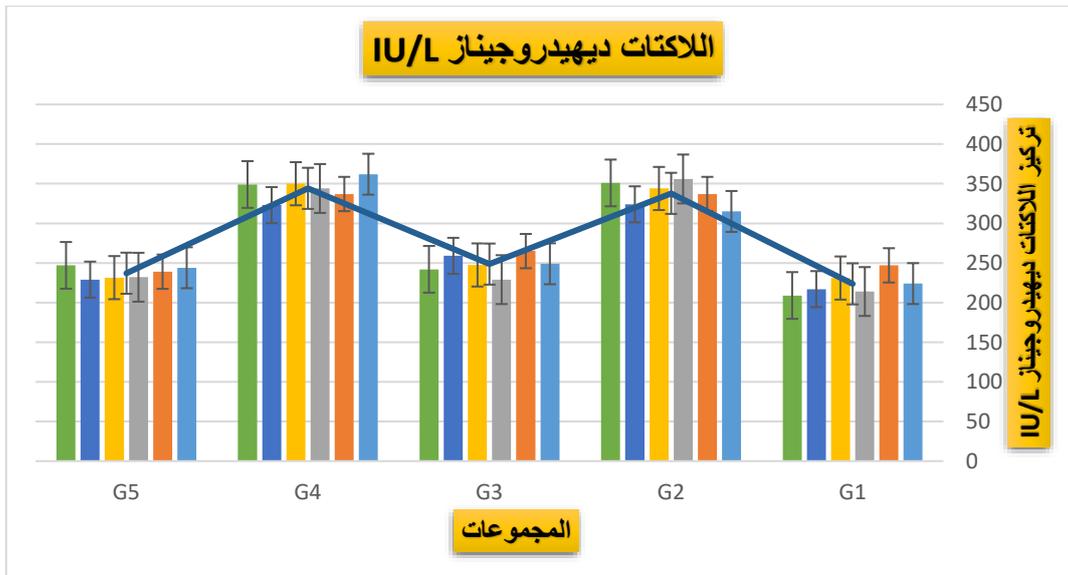
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (18) والمخطط البياني رقم (16).

الجدول رقم (18): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز اللاكتات ديهيدروجيناز عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات تراكيز اللاكتات ديهيدروجيناز U/L						
المجموعات	G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	العينات
	244	362	249	315	224	1
	239	337	265	337	247	2
	232	344	229	356	214	3
	231	350	247	344	231	4
	229	323	259	322	217	5
	247	349	242	351	209	6
المتوسط الحسابي	237.0833 <sup>a</sup>	344.1667 <sup>b</sup>	248.5833 <sup>a</sup>	337.8333 <sup>b</sup>	223.6667	
الانحراف المعياري	6.735581	12.0705	11.59172	14.46164	12.59188	

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G2-G4 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (16): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في مستويات تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز عند الخيول في مجاميع التجربة.

٣,٩ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات الكرياتين كايماز في مجموعات خيول التجربة: Results of  
Changes in Physiological to Creatine kinase Levels in Groups of Experimental Horses:

◆ نتائج متوسطات تراكيز الكرياتين كايماز في مجاميع التجربة: الجدول رقم (19)

- ❖ بلغ متوسط تركيز الكرياتين كايماز في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 (162.16±15.6) IU/L، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الكرياتين كايماز في المجموعة الثانية G2 (250.6±29.3) IU/L، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ بينما بلغ متوسط تركيز الكرياتين كايماز في المجموعة الثالثة G3 (175.8±37.7) IU/L، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
- ❖ وقد بلغ متوسط تركيز الكرياتين كايماز في المجموعة الرابعة G4 (234.8±25.3) IU/L، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الكرياتين كايماز في المجموعة الخامسة G5 (167.5±15.7) IU/L، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز الكرياتين كايماز في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على وجود تأثير للسباق والجهد البدني على تركيز الكرياتين كايماز لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ )، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم تركيز الكرياتين كايماز في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز الكرياتين كايماز في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز الكرياتين كايماز في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز الكرياتين كايماز في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

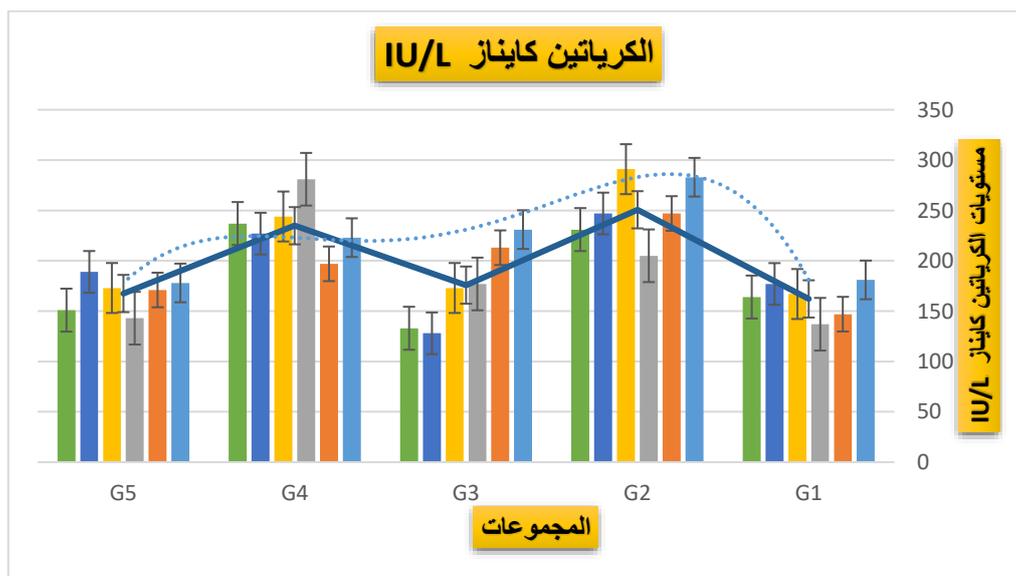
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (19) والمخطط البياني رقم (17).

الجدول رقم (19): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الكرياتين كايغاز عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات تركيز الكرياتين كايغاز IU/L					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
178	223	231	283	181	1
171	197	213	247	147	2
143	281	177	205	137	3
173	244	173	291	167	4
189	227	128	247	177	5
151	237	133	231	164	6
167.5 <sup>a</sup>	234.8333 <sup>b</sup>	175.8333 <sup>a</sup>	250.6667 <sup>b</sup>	162.1667	المتوسط الحسابي
15.74537	25.34046	37.76425	29.35794	15.62494	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G4-G2 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (17): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في مستويات تركيز الكرياتين كايغاز عند الخيول في مجاميع التجربة.

### ٣,١٠ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات ناقلة أمين الأسبارتات في مجموعات خيول التجربة:

#### Results of Changes in Physiological to AST Levels in Groups of Experimental Horses:

##### ◆ نتائج متوسطات تراكيز ناقلة أمين الأسبارتات في مجاميع التجربة: الجدول رقم (20)

- ❖ بلغ متوسط تركيز ناقلة أمين الأسبارتات في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 (248.6±20.6) IU/L، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز ناقلة أمين الأسبارتات في المجموعة الثانية G2 (405.3±18.9) IU/L، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ بينما بلغ متوسط تركيز ناقلة أمين الأسبارتات في المجموعة الثالثة G3 (282.6±25.9) IU/L، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
- ❖ وقد بلغ متوسط تركيز ناقلة أمين الأسبارتات في المجموعة الرابعة G4 (422.6±44.4) IU/L، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز ناقلة أمين الأسبارتات في المجموعة الخامسة G5 (256.6±32.5) IU/L، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

##### ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز ناقلة أمين الأسبارتات في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على وجود تأثير للسباق والجهد البدني على تركيز ناقلة أمين الأسبارتات لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ )، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على أنّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم تركيز ناقلة أمين الأسبارتات في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز ناقلة أمين الأسبارتات في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز ناقلة أمين الأسبارتات في المجموعة G5 التي حُقنت بالمكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز ناقلة أمين الأسبارتات في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

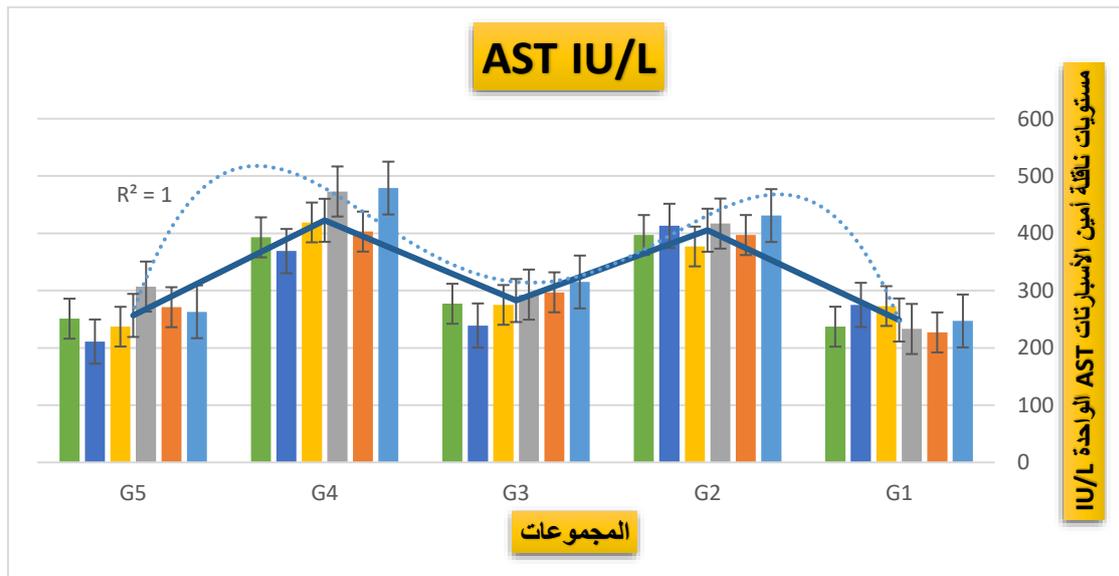
وكل ذلك مبيّن في الجدول رقم (20) والمخطط البياني رقم (18).

الجدول رقم (20): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز ناقلة أمين الأسبارتات عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات تركيز ناقلة أمين الأسبارتات AST الواحدة IU/L					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
263	479	315	431	247	1
271	403	297	397	227	2
307	473	293	417	233	3
237	419	275	377	273	4
211	369	239	413	275	5
251	393	277	397	237	6
256.6667* <sup>a</sup>	422.6667* <sup>b</sup>	282.6667* <sup>a</sup>	405.3333* <sup>b</sup>	248.6667	المتوسط الحسابي
32.50641	44.42372	25.90495	18.94905	20.68494	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G2-G4 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (18): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في مستويات تركيز ناقلة أمين الأسبارتات عند الخيول في مجاميع التجربة.

### ٣,١١ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات ناقلة أمين الآلانين في مجموعات خيول التجربة:

#### Results of Changes in Physiological to ALT Levels in Groups of Experimental Horses:

##### ◆ نتائج متوسطات تراكيز ناقلة أمين الأسبارتات في مجاميع التجربة: الجدول رقم (21)

- ❖ بلغ متوسط تركيز ناقلة أمين الآلانين في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $14.6 \pm 1.27$ ) IU/L، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز ناقلة أمين الآلانين في المجموعة الثانية G2 ( $27.3 \pm 1.17$ ) IU/L، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ بينما بلغ متوسط تركيز ناقلة أمين الآلانين في المجموعة الثالثة G3 ( $15.2 \pm 0.6$ ) IU/L، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
- ❖ وقد بلغ متوسط تركيز ناقلة أمين الآلانين في المجموعة الرابعة G4 ( $28.28 \pm 2.25$ ) IU/L، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز ناقلة أمين الآلانين في المجموعة الخامسة G5 ( $14.8 \pm 1.2$ ) IU/L، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

##### ◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز ناقلة أمين الآلانين في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على وجود تأثير للسباق والجهد البدني على تركيز ناقلة أمين الآلانين لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ )، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على أنَّ حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم تركيز ناقلة أمين الآلانين في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز ناقلة أمين الآلانين في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز ناقلة أمين الآلانين في المجموعة G5 التي حُقنت بالمُكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز ناقلة أمين الآلانين في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

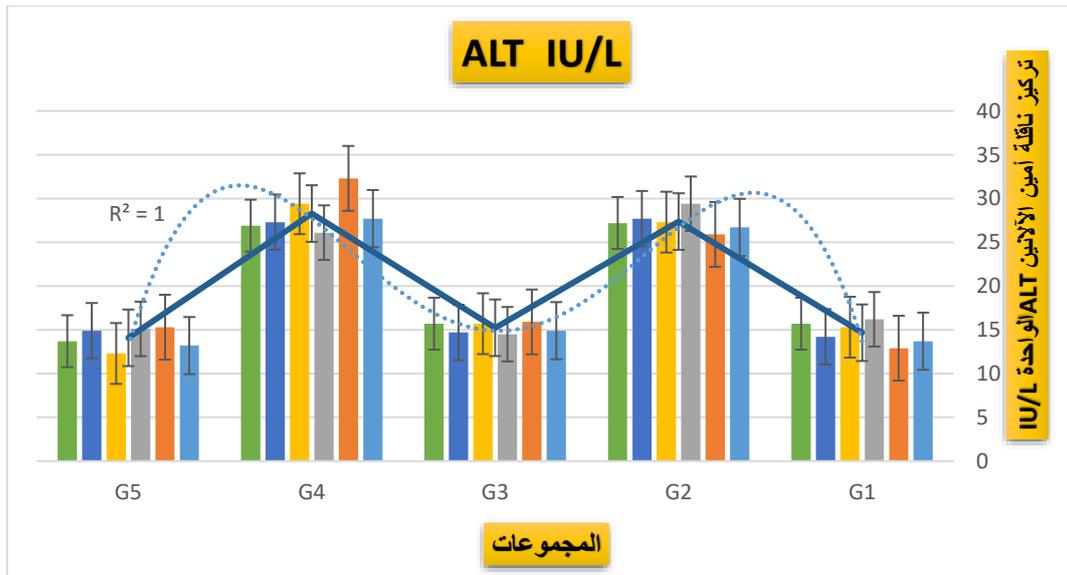
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (21) والمخطط البياني رقم (19).

الجدول رقم (21): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز ناقلة أمين الألائين عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات تركيز ناقلة أمين الألائين ALT الواحدة IU/L					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
13.2	27.7	14.9	26.7	13.7	1
15.3	32.3	15.9	25.9	12.9	2
15.1	26.1	14.5	29.4	16.2	3
12.3	29.4	15.7	27.3	15.3	4
14.9	27.3	14.7	27.7	14.2	5
13.7	26.9	15.7	27.2	15.7	6
14.08333 * <sup>a</sup>	28.28333 * <sup>b</sup>	15.23333 * <sup>a</sup>	27.36667 * <sup>b</sup>	14.66667	المتوسط الحسابي
1.207339	2.25248	0.602218	1.172462	1.272268	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G2-G4 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (19): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في مستويات تركيز ناقلة أمين الألائين عند الخيول في مجاميع التجربة.

٣,١٢ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تركيز الصوديوم في مجموعات خيول التجربة: Results  
of Changes in Physiological Responses Sodium Levels in Groups of Experimental Horses:

◆ نتائج متوسطات تراكيز الصوديوم في مجاميع التجربة: الجدول رقم (22)

- ❖ بلغ متوسط تركيز الصوديوم في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 (138.1±2.11) mEq/I، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الصوديوم في المجموعة الثانية G2 (147.3±4.22) mEq/I، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ بينما بلغ متوسط تركيز الصوديوم في المجموعة الثالثة G3 (139.1±2.19) mEq/I، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
- ❖ وقد بلغ متوسط تركيز الصوديوم في المجموعة الرابعة G4 (148.6±5.46) mEq/I، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الصوديوم في المجموعة الخامسة G5 (138.6±1.37) mEq/I، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز الصوديوم في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية ( $P \leq 0.002$ )، وهذا يدل على وجود تأثير للسباق والجهد البدني على تركيز الصوديوم لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ )، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.004$ )، وهذا يدل على أن حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم تركيز الصوديوم في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز الصوديوم في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز الصوديوم في المجموعة G5 التي حُقنت بالمكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز الصوديوم في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

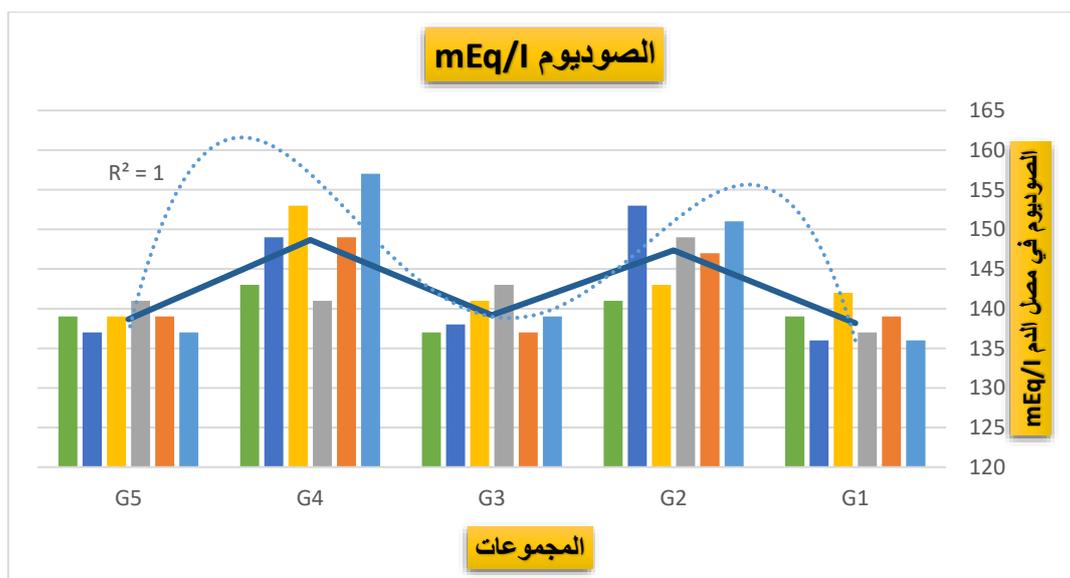
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (22) والمخطط البياني رقم (20).

الجدول رقم (22): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الصوديوم عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات تركيز الصوديوم في مصل الدم mEq/l					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
137	157	139	151	136	1
139	149	137	147	139	2
141	141	143	149	137	3
139	153	141	143	142	4
137	149	138	153	136	5
139	143	137	141	139	6
138.6667* <sup>a</sup>	148.6667* <sup>b</sup>	139.1667* <sup>a</sup>	147.3333* <sup>b</sup>	138.1667	المتوسط الحسابي
1.374369	5.467073	2.192158	4.229526	2.114763	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G4-G2 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (20): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في مستويات تركيز الصوديوم عند الخيول في مجاميع التجربة.

٣,١٣ نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تركيز الكالسيوم في مجموعات خيول التجربة: Results  
of Changes in Physiological Responses Calcium Levels in Groups of Experimental Horses:

◆ نتائج متوسطات تراكيز الصوديوم في مجاميع التجربة: الجدول رقم (23)

- ❖ بلغ متوسط تركيز الكالسيوم في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 (11.7±0.55) mg/dl، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الكالسيوم في المجموعة الثانية G2 (9.91±0.59) mg/dl، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- ❖ بينما بلغ متوسط تركيز الكالسيوم في المجموعة الثالثة G3 (11.6±0.47) mg/dl، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي قبل السباق.
- ❖ وقد بلغ متوسط تركيز الكالسيوم في المجموعة الرابعة G4 (9.58±0.84) mg/dl، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- ❖ في حين بلغ متوسط تركيز الكالسيوم في المجموعة الخامسة G5 (11.8±0.95) mg/dl، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

◆ نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز الكالسيوم في مجاميع التجربة:

- ❖ عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية ( $P \leq 0.004$ )، وهذا يدل على وجود تأثير للسباق والجهد البدني على تركيز الكالسيوم لدى الخيول.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ )، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- ❖ وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.002$ )، وهذا يدل على أن حقن المُكمل قبل وبعد السباق ساهم في تنظيم تركيز الكالسيوم في المجموعتين الثالثة والخامسة بالمقارنة مع تركيز الكالسيوم في المجموعة الثانية التي لم تُحقن بالمكمل.
- ❖ بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ )، وهذا يدل على تأثير المُكمل في تنظيم تركيز الكالسيوم في المجموعة G5 التي حُقنت بالمكمل بعد السباق بالمقارنة مع تركيز الكالسيوم في المجموعة الرابعة G4 التي لم تحقن بالمكمل.
- ❖ في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتين لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

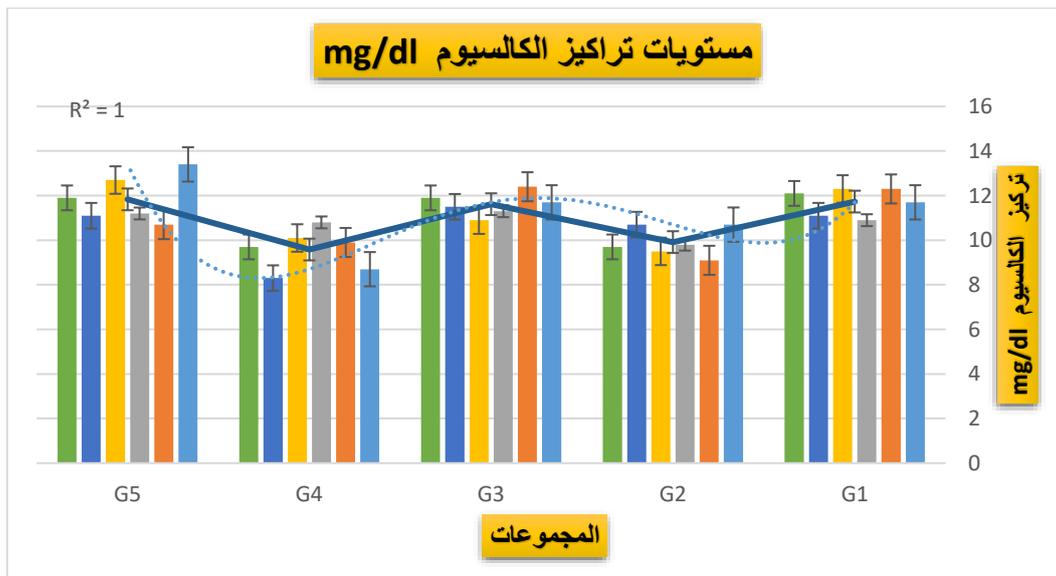
وكل ذلك مبين في الجدول رقم (23) والمخطط البياني رقم (21).

الجدول رقم (22): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لتراكيز الكالسيوم عند الخيول في مجاميع التجربة

نتائج مستويات تراكيز الكالسيوم في مصل الدم mg/dl					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 المجموعة الثانية	G1 المجموعة الأولى	المجموعات العينات
13.4	8.7	11.7	10.7	11.7	1
10.7	9.9	12.4	9.1	12.3	2
11.2	10.8	11.3	9.8	10.9	3
12.7	10.1	10.9	9.5	12.3	4
11.1	8.3	11.5	10.7	11.1	5
11.9	9.7	11.9	9.7	12.1	6
11.83333 <sup>*b</sup>	9.583333 <sup>*b</sup>	11.61667 <sup>*a</sup>	9.916667 <sup>*b</sup>	11.73333	المتوسط الحسابي
0.951607	0.845412	0.47052	0.595586	0.558768	الانحراف المعياري

يدل الرمز \* على وجود فروقات معنوية عند المقارنة مع G1، ويدل الرمز a على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G2-G4 ويدل الرمز b على وجود تغيرات معنوية عند المقارنة مع G3-G5.

توضيح: G1: شاهد طبيعي لم تخضع لسباق ولم تحقن بالمكمل G2: خضعت لسباق 1600 متر ولم تحقن بالمكمل G3: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة. G4: خضعت لسباق مباشرة G5: خضعت لسباق 1600 متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (21): يبين نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية في مستويات تراكيز الكالسيوم عند الخيول في مجاميع التجربة.

الفصل الخامس

CHAPTER FIVE

المناقشة

DISCUSSION

## ١. مناقشة نتائج الاختبارات السريرية والفيزيولوجية الخاصة عند خيول السباق في مجاميع

### التجربة (ضغط الدم، معدل النبض، معدل التنفس، درجة الحرارة):

توضّح الجداول (4.3.2.1) متوسط ضغط الدم (الانقباضي والانبساطي)، معدل النبض، معدل التنفس، ودرجة حرارة الجسم في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 وجاءت هذه النتائج متوافقةً مع العديد من الأبحاث (Hörnigke et al., 2017; National Research Council 2017)، حيثُ تختلف تلك المؤشرات السريرية عند الخيول الرياضية باختلاف عدد من العوامل أهمها العمر، الجنس، التغذية، الحالة الصحية، الفصل من السنة، نظام التدريب المطبق وغيرها (Hinchcliff., 2014).

وبينتُ نتائج البحث وجود فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلتُ بحدوثِ ارتفاعٍ معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسطات ضغط الدم (الانقباضي والانبساطي)، معدل النبض، معدل التنفس، ودرجة الحرارة في المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 بعد السباق وذلك عند مقارنتهما مع مجموعة الشاهد الطبيعي G1، وجاءت هذه النتائج متوافقةً مع العديد من الأبحاث والدراسات التجريبية والسريرية (Hassan et al., 2015; Hörnigke et al., 2017; Allen et al., 2019).

يُمكن تفسير تلك الارتفاعات من خلال الاستجابات الفيزيولوجية للعضلات الهيكلية نتيجة الطلب الفوري للطاقة والأوكسجين، حيثُ أنّه في سباقات السرعة يؤدي النشاط البدني إلى زيادة المتطلبات الاستقلابية للعضلات النشطة، ومع بدء السباق وتحت تأثير الكاتيكولامينات ينفبض الطحال ويرتفع تركيز خضاب الدم مع زيادة النسبة المئوية للهيماتوكريت، ويتم توجيه تدفق الدم بعيداً عن أسرة الأوعية الدموية في الأعضاء غير النشطة باتجاه العضلات النشطة لإمدادها بالأوكسجين والمغذيات أو المستقلبات، كما أن توسع الأوعية الدموية للشرايين التي تُغذي العضلات النشطة ستؤدي إلى انخفاض في مقاومة الأوعية الدموية. ومن أجل تلبية الطلب المتزايد على الدم المؤكسج والمغذيات في العضلات النشطة يتم تعزيز الناتج القلبي من خلال الزيادة الفورية في النشاط الودي مما يؤدي إلى زيادة معدل ضربات القلب، وكذلك زيادة معدل انقباض عضلة القلب واسترخائها وارتفاع العود الوريدي الذي يؤدي إلى زيادة إنتاج القلب. يهيمن الارتفاع في الناتج القلبي على انخفاض المقاومة الوعائية للعضلات، مما يؤدي إلى حدوث ارتفاع في متوسط ضغط الدم. يرتفع الضغط الدموي بطريقةٍ منحنيةٍ أو تدريجيةٍ مع زيادة كثافة السباق، ويصل نظرياً إلى قيمته القصوى عند أقصى شدة للسباق أو التدريب (Hörnigke et al., 2017).

في حين فسّر بعض الباحثين تلك الارتفاعات من خلال الاستجابات الفيزيولوجية للقلب والأوعية الدموية حيثُ أنّه في بداية السباق تؤدي الزيادات في العود الوريدي الناتج عن زيادة معدل ضربات القلب تحت تأثير الأدرينالين إلى زيادة الضغط الأذيني والتمدد الأذيني. ويؤدي التمدد الأذيني بدوره إلى استجابة الغدد الصم العصبية أو منعكس الضغط القلبي الرئوي والذي يحث على إطلاق هرمون النانثروتريك الببتيدي الأذيني (ANP) في البلازما عن طريق بطانة الجدار الأذيني الذي يحث على إفراز ADH من الغدة الخلفية استجابةً لزيادة الأسمولية في الدم. ويسبب ANP توسعاً سريعاً للأوعية الدموية للتحكم في ارتفاع ضغط الدم وتدفق البول وإفراز الصوديوم. مع زيادة شدة السباق يزداد تركيز ADH حيث تؤدي الزيادة في هرمون ADH بعد السباق إلى احتباس الماء عن طريق الكلى وارتفاع تركيز الصوديوم، مما يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم (Ferlazzo et al., 2020). إما بالنسبة لارتفاع درجة حرارة الجسم فيمكن تفسير ذلك من خلال عاملين الأول ناتج عن زيادة معدل ضربات القلب تحت تأثير الأدرينالين والذي يعدّ عاملاً من عوامل دعم العضوية

بالحرارة، أما العامل الثاني فهو نتيجة ارتفاع مستويات الاستقلاب التي تتمثل بالتفاعلات الكيمياحيوية في العضلات النشطة والتي ينتج عنها طاقة حرارية (Soroko et al., 2014).

كما أظهرت نتائج الدراسة الحالية وجود فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلت بحدوث انخفاض معنوي جداً ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسطات ضغط الدم (الانقباضي والانبساطي)، معدل النبض، معدل التنفس، ودرجة الحرارة في المجموعتين: الثالثة G3 والخامسة G5 التي حُققتا بالمستحضر وذلك عند مقارنتهما مع المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 على التوالي.

قد يعود ذلك الانخفاض المعنوي إلى التكيفات الفيزيولوجية للخيول بالإضافة إلى قدرة مُكمل إنرجي فورت على تنظيم ضغط الدم (الانقباضي والانبساطي)، معدل النبض، معدل التنفس، ودرجة الحرارة، حيثُ بينت الدراسات قدرة الخلاصات النباتية الموجودة في المستحضر على تنظيم تلك المؤشرات السريرية من خلال تأثير الجواهر الفعالة الموجودة في تلك النباتات حيث تتمتع الخلاصة المائية للجنسينغ بالقدرة على تنظيم ضغط الدم وكذلك تحسين وظائف القلب والأوعية الدموية والمؤشرات الأخرى (معدل النبض، معدل التنفس، ودرجة الحرارة) بعد الجهد البدني وحدوث التعب (Hyun et al., 2022)، وكذلك الأملج (Niazi et al., 2020)، والقسط الهندي (Abouelwafa et al., 2023)، والقولجان (Javaid et al., 2021)، وبذور الخردل والكرفس (Shankar et al., 2019). ويمكن توضيح الآلية التي تعمل بها المكملات الحاوية على الخلاصات النباتية في تنظيم المؤشرات السريرية للقلب والأوعية الدموية وأهمها الضغط الدموي بعد ممارسة الأنشطة البدنية، حيثُ يُعزى ذلك إلى مركبات الفلافانول وبشكل خاص الفلافونيدات التي تحتويها النباتات الطبية، حيثُ تعمل هذه الجواهر لفعالة على إجراء تغييرات في مسارات الإشارات التي تؤثر على وظيفة الأوعية الدموية من خلال كبح نشاط الأنزيم المحول للأنجوتنسين، وزيادة تركيز أكسيد النيتريك الذي له الدور الرئيس في تنظيم ضغط الدم، وإطلاق عوامل الاسترخاء والانقباض المشتقة من الخلايا البطانية والتي لها دور في ضبط معدلات النبض والتنفس (Al-Dashti et al., 2018). في حين تشمل الآليات التي يمكن للفلافانول من خلالها تعزيز أداء السباق من خلال التعديلات في عمليات الاستقلاب والتنفس الخلوي (على سبيل المثال، زيادة الحد الأقصى لامتصاص الأكسجين) وتقليل الإجهاد التأكسدي والالتهابات، حيثُ يمكن أن تؤدي هذه التأثيرات إلى زيادة كفاءة العضلات الهيكلية وزيادة القدرة على التحمل والسرعة (Al-Dashti et al., 2018). حيثُ أثبتت الدراسات أن الخلاصات النباتية الغنية بالفلافانول والفينولات المتعددة (البولي فينول) تعمل على خفض ضغط الدم وتحسين أداء التمارين والوقاية من خطر الإصابة بأمراض الكلى والقلب والأوعية الدموية (Rajput et al., 2023).

وقد استنتج الباحث (Tang., 2022) في دراسة لتأثير المكملات الحاوية على العسل على الأداء الرياضي والتعافي البدني أنه يمكن أن يؤدي العسل إلى تنظيم معدل ضربات القلب ومعدل التنفس لدى الرياضيين، ولكن تأثيره على ضغط الدم ربما يكون محدوداً.

وفي مراجعة نقدية للباحث (Psara et al., 2020) يتسائل فيها هل تلعب مجموعة فيتامينات B دوراً في خفض ضغط الدم وتحسين المؤشرات السريرية للقلب والأوعية الدموية؟ حيث أجاب الباحث عن ذلك التساؤل وأفاد بأنه يمكن لمجموعة فيتامين B أن تلعب دوراً كبيراً في تنظيم ضغط الدم من خلال تأثيرها على نظام الرينين أنجيوتنسين-الألدوستيرون (RAAS) وذلك من خلال كبح نشاط الأنزيم المحول للأنجوتنسين ومن ثم تثبيط إطلاق الألدوستيرون وبالتالي منع إعادة امتصاص الصوديوم، وأضاف بأنه من خلال تلك الآلية يمكن لمجموعة فيتامين B ضبط معدل النبض والتنفس وبالتالي يمكن أن تلعب مجموعة فيتامين B دوراً في حماية القلب ولأوعية الدموية.

## ٢. مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمكونات الدم الخلوية (تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر والنسبة المئوية للهيماتوكريت) عند خيول السباق في مجاميع التجربة:

بلغ متوسط تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر والنسبة المئوية للهيماتوكريت في مجموعة الشاهد الطبيعي G1  $(14.61 \pm 0.48)$  g/dl ،  $(9.23 \pm 0.37)$   $\times 10^6$  mm<sup>3</sup> ،  $(41.8 \pm 4.83)$  % على التوالي وجاءت هذه النتائج متوافقة مع الباحث (Hodgson et al., 2014)، حيثُ يختلف تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر باختلاف عدد من العوامل أهمها: العمر، الجنس، السلالة، التكيف الفيزيولوجي، الكتلة العضلية، وقت الاعتيان (سحب العينة الدموية)، الفصل من السنة (الحالة المناخية)، نظام التدريب المطبق، وغيرها (Satué et al., 2012)، ولكن بشكل عام تبلغ النسبة الطبيعية لتركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر والهيماتوكريت عند الخيول الرياضية  $(15.9-13.8)$  g/dl ،  $(9.6-8.4)$   $\times 10^6$  mm<sup>3</sup> ،  $(43-32)$  % على التوالي حيث جاءت نتائج الدراسة ضمن المدى الطبيعي لمعدل تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر والنسبة المئوية للهيماتوكريت في الكتب المرجعية (Hodgson et al. 2014; Hinchcliff., 2014).

وبيننت نتائج البحث وجود فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلت بحدوث ارتفاع معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسط تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر والنسبة المئوية للهيماتوكريت في المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 بعد السباق وذلك عند مقارنتهما مع مجموعة الشاهد الطبيعي G1، وجاءت هذه النتائج متوافقة بشكل عام مع العديد من الأبحاث والدراسات التجريبية والسريية (Wakil et al., 2022; Maško et al., 2021; Bos et al., 2018; Khasanovich et al., 2016).

يُعزى الارتفاع في عدد الكريات الحمر (RBCs) ومستوى تركيز خضاب الدم (Hb) والنسبة المئوية للهيماتوكريت (HCT) إلى العديد من الآليات الفيزيولوجية المعقدة والمرتبطة ارتباطاً وثيقاً مع الاستجابات الهرمونية (الكاتيكولامينات) والتي تنم خلال أجزاء من الثانية نتيجة لتأثير المنبهات (الآلية- الميكانيكية- النقل- الأثارة وغيرها) (Ferlazzo et al., 2020) وفي بحثنا هذا كانت الاستجابات الفيزيولوجية ناتجة عن متطلبات السباق (الاندفاع القسوي)، حيث فسّر الباحثون ارتفاع عدد الكريات الحمر (RBCs) ومستوى تركيز خضاب الدم (Hb) والنسبة المئوية للهيماتوكريت (HCT) بشكل عام إلى الجهد العضلي المكثف بسبب الحاجة الماسة لإمداد الخلايا (بشكل خاص الخلايا العضلية والقلبية) بالأوكسجين وركائز الطاقة اللازمة لعمل تلك الخلايا (Piccione et al., 2008)، وبشكل فيزيولوجي دقيق يمكن أن تعود تلك الارتفاعات إلى انقباض الطحال (Splenic Contraction (SPC)). (Hurcombe., 2020; McGowan., 2008).

فسر الباحثون تلك الآلية الفيزيولوجية إلى أنه مع فترة ما قبل بداية السباق وفي الثواني الأولى منه تنتبه المراكز العصبية في المخ المستطيل وتحت تأثير الكاتيكولامينات والتي تحث على وجود دافع لبدء انقباض الطحال (منبه لحاجة الجسم لمزيد من الأوكسجين وركائز الطاقة) (Ferlazzo et al., 2020; Hueston and Deak., 2014)، ومع الضربات الأولى لحواضر الخيول لمضمار السباق يُفرغ الطحال محتواه من الدم والذي يقارب (6-13 لتر دم) أي ثلث إلى نصف حجم الدم في الجهاز الوعائي وهذا ما يفسر زيادة عدد الكريات الحمر بعد السباق (Householder and Douglas., 2005)، وبذلك يتم نقل الأوكسجين بكثافة عالية من الرئتين إلى العضلات العاملة عن طريق الدورة الدموية. وبالرغم من زيادة النتاج القلبي تحت تأثير الأدرينالين، فإن توصيل الأوكسجين مقيّد بقدرة الدم على حمل الأوكسجين. حيث أن الأعضاء الحيوية لدى الخيول الرياضية تعمل على تحقيق زيادات سريعة في قدرة الدم على حمل الأوكسجين وذلك عن طريق زيادة تركيز الهيموغلوبين

(Hb) في الدم من خلال تقلص الطحال وهذا يفسر ازدياد تركيز خضاب الدم بعد السباق (Schagatay et al., 2020). في حين يؤدي تقلص الطحال أيضاً وذلك تحسباً لممارسة الأنشطة الرياضية وأثناء وبعد السباق إلى زيادة عدد وكتلة الخلايا الحمر (RBCs) المنتشرة دون زياداتٍ مصاحبةٍ في حجم البلازما (Maško et al., 2021). حيث تؤدي الزيادة الناتجة في تركيز الهيموغلوبين إلى زيادة قدرة الدم الشرياني على حمل الأكسجين بنسبةٍ تصل إلى 50-70٪ أثناء ممارسة الأنشطة الرياضية المكثفة (Vega et al., 2017). يتم استكمال تأثير الطحال على تركيز الهيموغلوبين من خلال انخفاض حجم البلازما أثناء التمرين المكثف (Zouhal et al., 2023) والذي يؤدي بدوره إلى ارتفاع النسبة المئوية لخلايا الدم المرصوصة (مكداس الدم، الهيماتوكريت) (HCT or PCV) ولا بد من الإشارة إلى أن ارتفاع النسبة المئوية لخلايا الدم المرصوصة ليست ناتجةً بشكل رئيسي عن تقلص الطحال وإفراغ محتواه من الكريات الحمر في مجرى الدم، حيث أشار الباحثون إلى أن تحولات السوائل في الجسم وارتفاع نسبة البروتين الكلي التي تقود إلى انخفاض حجم البلازما -والناتجة جزئياً عن عملية التعرق- تلعب دوراً رئيسياً ومكماً لارتفاع النسبة المئوية لخلايا الدم المرصوصة والمرتبطة مع الاستجابة الفيزيولوجية لتقلص الطحال (Fielding and Magdesian., 2011; Novosadova, 2017).

تم البرهنة والتحقق من صحة تلك الآلية الفيزيولوجية بالاستدلال العلمي العكسي والذي يعبر عنه بالأوساط الطبية بقدرة الجسم على المعاوضة حيث وجد الباحثون أن استئصال الطحال لا معاوضة له وتؤكد نتائج الباحثين من خلال الدراسات التي تم فيها استئصال الطحال حيث أظهرت نتائج تلك الدراسات انخفاضاً معنوياً في أهم مؤشرات مكونات الدم الخلوية (RBCs-WBCs-Hb-PCV) والذي نتج عنه انخفاض النتاج القلبي والضغط والنبض وكذلك انخفاض في اللياقة البدنية والأداء الرياضي (McKeever et al., 1993a-b).

وبالرغم من التأثير المفيد لهذه الاستجابات الفيزيولوجية على مؤشرات الدم أثناء السباق إلا أنه هناك آثار سلبية تؤدي إلى عواقب مرضية وخيمة والتي تظهر مع زيادة كثافة النشاط الرياضي وارتفاع النسبة المئوية للهيماتوكريت وكذلك ارتفاع نسبة تركيز البروتين الكلي الناتج بشكل عام عن تحولات السوائل في البلازما وعن عملية التعرق وذلك نتيجة لعمليات صرف الطاقة في العضلات العاملة وزيادة إنتاج اللاكتات وتراكمه و تولد الجذور الحرة وارتفاع درجة حرارة الجسم ومع الارتباط الناتج عن تلك الآليات التي تتشابه مع آليات التعب العضلي، حيث تؤدي هذه العوامل بالمجمل إلى زيادة لزوجة الدم و ارتفاع حامضيته PH في نهاية السباق (Fedde and Erickson., 1998; Coyne et al., 1990) لذلك تعد الفترة التي تعقب السباق أي مرحلة التعافي والاستشفاء من أخطر المراحل حيث أن تجاهل هذه الفترة وعدم التعامل معها بخلفية علمية يمكن أن تؤدي إلى أمراض خطيرة يمكن أن تؤدي إلى نفوق الخيول. وكذلك أفادت الدراسات بأن إحدى التأثيرات السلبية الأخرى للاستجابات الفيزيولوجية التي تؤدي إلى ارتفاع عدد وكتلة الكريات الحمر وخضاب الدم وزيادة النسبة المئوية للهيماتوكريت هي انحلال الدم الناجم عن نوبة تمرين واحدة ويسمى بالانحلال الدموي الفيزيولوجي ويُعرف بأنه العملية التي تؤدي إلى تفكك كريات الدم الحمر، والتي تتميز بتخریب غشاء الخلية مما يؤدي إلى انفصال الهيموغلوبين وتفككه وإطلاقه إلى مجرى الدم (Lippi et al., 2018; Lippi et al., 2013). ومن المعلوم أن الهيموغلوبين يرتبط بالأكسجين ويحمله من الرئتين لتزويد العضلات والأعضاء الأخرى، كما أنه يمتلك القدرة على التخلص من ثاني أكسيد الكربون، الناتج عن عمليات الاستقلاب (Mairbaur., 2013)، بعد تمزق كريات الدم الحمر ينقسم الهيموغلوبين إلى غلوبين وهيم - الجزء الذي يحتوي على الحديد. ثم يتم تحويل جزيئة الهيم إلى بيلفيردين Biliverdin، وفي النهاية إلى البيليروبين الذي يرتفع تركيزه في الدم، ويتم

إفراز جزء منه في الصفراء (Bahou et al., 2023; Maines., 2001). وأن تفكك الهيموغلوبين وتوزعه في البلازما لها تأثيرات ضارة جداً على الخلايا أهمها البيلة الهيموغلوبينية (Naryzny et al., 2021). حيث يعد انحلال الدم الناجم عن التمرين أو السباق عملية فيزيولوجية مرضية تُلاحظ في سباقات السرعة والتحمل، وتُسببها عوامل ميكانيكية و / أو استقلابية. من بين العوامل الميكانيكية، تعتبر ضربات حوافر قوائم الخيول في مضمار السباق هي الأكثر أهمية. عندما تلمس حوافر الخيول مضمار السباق أثناء عملية الجري، يتم ضغط الشعيرات الدموية للقوائم، مما يؤدي إلى تلف ميكانيكي وتمزق كريات الدم الحمر (Pakula et al., 2023). يظهر هذا النوع من انحلال الدم ليس فقط أثناء نشاط الجري، ولكن أيضاً في التخصصات الرياضية الأخرى. وإحدى الأسباب الأخرى لانحلال الدم هي التقلصات العضلية المستمرة والمتكررة والتي تؤدي إلى ضغط الأوعية الشعرية بشدة، مما يساهم في إصابة وتمزق كريات الدم الحمر (Lippi & Sanchis-Gomar., 2019). وكذلك تضيق الأوعية الدموية للأعضاء الداخلية، وخاصة الكلى، بسبب زيادة تدفق الدم في العضلات، يساهم أيضاً في إصابة وتمزق كريات الدم الحمر (Jesuthasan et al., 2022). في حين يمكن أن تؤدي العوامل الاستقلابية المتعددة إلى زيادة هشاشة كريات الدم الحمر وبالتالي انحلال الدم، وهذا يشمل الحمض الاستقلابي الناجم عن ارتفاع مستوى اللاكتات، وزيادة درجة حرارة الجسم، وزيادة مستوى الكاتيكولامينات، وكذلك الإجهاد التناضحي والتأكسدي (Pakula et al., 2023; Brun et al., 2021; Hanzawa et al., 2021).

على الرغم من أن ارتفاع عدد الكريات الحمر وخضاب الدم والنسبة المئوية لحجم خلايا الدم المرصوفة تعتبر ظاهرة فيزيولوجية عند خيول السباق والتي تعبر عن استجابة ملحّة لعمل الأعضاء وتكامل أنظمة الجسم في حالات السباق، إلا أنه لتلك الارتفاعات عواقب أخرى والتي تتمثل إما بزيادة لزوجة الدم بعد السباق مباشرة أو انحلال الدم في المراحل التي تعقب السباق والتي تؤدي غالباً إلى أمراض خطيرة (Pakula et al., 2023; Lippi and Sanchis-Gomar., 2019). حيث تؤدي زيادة مستويات الهيموغلوبين إلى توليد الجذور الحرة، مع تفاعلات عالية للأكسدة تؤدي إلى تلف الخلايا والأنسجة (Rifkind et al., 2015). وكذلك يقلل الهيموغلوبين الحر والمتفكك أيضاً من التوافر البيولوجي لأكسيد النيتريك (NO)، وهو الذي له الأهمية الكبرى لتنظيم ضغط الدم وضبط إيقاعات انقباض واسترخاء العضلات الملساء، وتنشيط الصفائح الدموية وغيرها (Reiter et al., 2022; NCBI.2023). ولذلك، بسبب تفاعلات الأكسدة التي تتم وعدم وجود الكسح للجذور الحرة المتولدة بسبب الهيموغلوبين الحر والذي يؤدي انحلال الدم وانخفاض تركيز أكسيد النترريك حيث تؤدي هذه الاضطرابات إلى خلل في توتر العضلات الملساء والذي يمكن أن يؤدي إلى الاحتراق واضطرابات في تقلصات الجهاز الهضمي وعسر البلع وآلام البطن وتضيق الأوعية الدموية وارتفاع ضغط الدم والتخثر داخل الأوعية الدموية وحوادث الجلطات والموت المفاجئ أثناء السباق (Rother et al., 2005; Misztal and Tomasiak., 2021). علاوة على ذلك، يمتلك الهيموغلوبين والهيم خصائص مؤيدة للالتهابات، حيث ثبت أن كريات الدم الحمر مصدر لما لا يقل عن 45 سيتوكيناً، على حدٍ سواء، مؤيدة ومضادة للالتهابات، مما يشير إلى أن انحلال الدم يحتمل أن يساهم في عملية الالتهاب بسبب إطلاق جزيئات الإشارات الخلوية (الستوكينات والكيموكينات) (Brun et al., 2021).

تعتبر الآليات الفيزيولوجية السابقة الذكر إحدى العوامل المساعدة في حدوث التعب العضلي ومن الأهمية بمكان ذكر أن قابلية إصابة الخيول الرياضية التي تمارس نشاطاً عضلياً مكثفاً مثل سباقات السرعة بزيادة لزوجة الدم وانحلال الدم أكبر بكثير من الخيول التي تمارس نشاطاً عضلياً منخفضاً إلى متوسط الشدة مثل سباقات التحمل (Pakula et al., 2023; )

(Lippi and Sanchis-Gomar., 2019) في حين أكد الباحث (Pakula et al., 2023) أن استخدام المُكمّلات لتجنّب تلك الأمراض والاضطرابات والوقاية منها أمر بالغ الأهمية وأشار إلى أن الدراسات في هذا المجال غير متوفرة ويجب أخذها في الاعتبار لتجنّب هذه الحالات الخطيرة التي غالباً ما تظهر عند الخيول بعد السباق.

توافقت نتائج البحث مع العديد من الدراسات لكن في هذه الدراسة لم يتم استعمال الاختبار التشخيصي والتأكيدي لانحلال الدم وهو الهابتوغلوبين حسب رأي الباحث (Naryzny et al., 2021)، ولكن بشكل عام أكدت الدراسات أن زيادة مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر تعتبر إنذاراً ودلالةً جزئيةً لبداية حدوث انحلال الدم في المرحلة التي تعقب السباق (مرحلة الاستشفاء) وأن زيادة النسبة المئوية لخلايا الدم المرصوصة بعد السباق مباشرةً دلالةً على زيادة لزوجة الدم والتي تتدرج بعواقب الانحلال الدموي، حيث تم الإبلاغ عن انحلال الدم الناجم عن التمرين والسباق في الخيول الرياضية في مختلف التخصصات (Pakula et al., 2023; Brun et al., 2021; Hanzawa and Watanabe., 2020). ولوحظ انحلال الدم في الخيول المهجنة أيضاً، حيث زاد تركيز الهيموغلوبين في البلازما مع زيادة حموضة الدم وانخفاض تركيز الهابتوغلوبين بعد السباق، مقارنة بالقيم قبل السباق (Masini et al., 2003). وفي دراسة أخرى أجريت على الخيول الأصيلة أثناء التدريب حيث لاحظ الباحث ارتفاعاً معنوياً في عدد الكريات الحمر والهيموغلوبين والهيماتوكريت بالإضافة إلى حدوث الانحلال الدموي بعد التمرين، حيث تم ربط أنماط انحلال الدم المختلفة بجنس الخيول (Cywinska et al., 2011). علاوة على ذلك، تمّ تحديد الارتباط بين كثافة النشاط الرياضي مع وزيادة هشاشة خلايا الدم الحمر (OFE) أي أنه كلما زادت كثافة التمرين زادت هشاشة الكريات الحمر وزاد تفكك الهيموغلوبين، حيث من المعلوم بأن هشاشة الكريات الحمر أحد العوامل المساهمة في انحلال الدم (Bazzano et al., 2015). في حين اقترحت دراسة أخرى استنتاجات مثيرة للاهتمام حول المؤشرات الدموية عند الخيول الرياضية، وأشارت إلى أن هشاشة الكريات الحمر يمكن أن تكون مرتبطة بعدة عوامل أهمها زيادة إنتاج اللاكتات وزيادة درجة الحموضة وزيادة النتاج القلبي والضغط والنبض وزيادة درجة حرارة الجسم (Hanzawa et al., 2021).

كما أظهرت نتائج الدراسة الحالية وجود فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلت بحدوث انخفاض معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسط عدد الكريات الحمر وتركيز خضاب الدم والنسبة المئوية للهيماتوكريت في المجموعتين: الثالثة G3 والخامسة G5 التي حُققتا بالمستحضر وذلك عند مقارنتهما مع المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 على التوالي.

من بين العديد من النظريات التي فسرت ارتفاع عدد الكريات الحمر و خضاب الدم والنسبة المئوية للهيماتوكريت بعد السباق والنتيجة بشكل رئيس عن ارتفاع الكاتيكولامينات وتقلص الطحال المقترحة حتى الآن، فإن النظرية القائلة بأن مضاعفات تلك الارتفاعات هي زيادة لزوجة الدم والذي يعقبه الانحلال الدموي الفيزيولوجي والناجم عن هشاشة غشاء الكريات الحمر وتفكك الهيموغلوبين وزيادة نسبة تكس كريات الدم الحمر تعتبر ناجمة بشكل مباشر عن عوامل استقلابية وميكانيكية تؤدي بالمجمل إلى الإجهاد التأكسدي بوساطة الجذور الحرة، وتعد هذه النظرية من أكثر النظريات المدعومة بالأدلة العلمية الدامغة. حيث يمكن للضرر الناجم عن الإجهاد التأكسدي والناجم عن تراكم أنواع الأوكسجين التفاعلية (ROS) أن يعطل التوازن الخلوي من خلال التعديلات الكيميائية، ويزيد من إتلاف البروتينات، والدهون، والحموض النووية، ويسبب مجموعة من الأضرار الفيزيولوجية المرضية، مثل الأمراض التنكسية العصبية وأمراض القلب والأوعية الدموية والنبيلة الهيموغلوبينية واليرقان والتسمم الدموي وحتى السرطان (Forman & Zhang., 2021). ومن المعلوم أن كريات الدم الحمر وخضاب الدم تلعب أدواراً مهمة في الأعضاء والأنسجة والخلايا، فهي مسؤولة عن نقل الغازات والمغذيات، ومع ذلك فقد زاد إدراكنا على ضوء الأبحاث

وجهود الباحثين وأصبح من الواضح بشكلٍ متزايدٍ أنّ كريات الدم الحمر والهيموغلوبين تؤدي أيضاً وظائف بيولوجية مهمة أخرى، مثل تنظيم الأوكسدة والاختزال وتنظيم تقلص واسترخاء الأوعية الدموية حيث أنها خلايا شديدة الحساسية وتعتبر من المؤشرات المهمة للصحة (Pernow et al., 2019). تكون كريات الدم الحمر عرضة للتلف التأكسدي بسبب التركيز العالي للأكسجين داخلها (Ren et al., 2023) وكذلك عرضة لزيادة اللزوجة بسبب زيادة تكس الكريات الحمر والتي يعقبها الانحلال الدموي بسبب زيادة هشاشة غشاء الكريات الحمر والناجم عن الضغط المستمر داخل الأوعية الدموية والذي يؤدي إلى زيادة تركيز الهيموغلوبين المتفكك والذي يعمل على زيادة توالد وتراكم الجذور الحرة وانخفاض تركيز الهابتوغلوبين وكل ذلك نتيجة الجهد العضلي المكثف. لذلك، فهي من بين الخلايا الأولى التي تتعرض لظروف الإجهاد وتتأثر به (Van Zwieten et al., 2014). وبالتالي فإنّ حماية كريات الدم الحمر من الإجهاد التأكسدي هي خط دفاع رئيسي في الوقاية من الأمراض ذات المنشأ الفيزيولوجي والأمراض ذات الصلة.

وأنّ الانخفاض المعنوي في مستوى تركيز خضاب الدم (Hb) وعدد الكريات الحمر (RBCs) والنسبة المئوية للهيماتوكريت (HCT) بعد حقن مكمل إنرجي فورت قبل وبعد السباق قد يُعزى إلى الجواهر الفعالة في المكمل حيث تشترك الخلاصة النباتية الموجودة في المكمل بخاصية مضادات الأوكسدة وحماية الكريات الحمر من التلف التأكسدي، حيث أنّ هذه الخاصية لها دوراً كبيراً في القضاء أو تخريب الجذور الحرة المتولدة من السباق والتي لها دوراً حدوث الانخفاض المعنوي وعودة مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر إلى مستوياتها الفيزيولوجية الطبيعية والوقاية من لزوجة الدم وحدث الانحلال الدموي، حيث يتمتع الجنسينغ بتلك الخاصية وهذا ما أثبتته دراسة حديثة للباحث (Wang et al., 2023) والذي وجد أنّ إعطاء جرعة 40 ملغ/كغ من خلاصة الجنسينغ أدت إلى عودة مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر إلى مجالها الفيزيولوجي بعد الجهد العضلي المكثف، وأفاد الباحث بأنّ تلك الخاصية تعود إلى عديدات السكاريد إحدى الجواهر الفعالة في الجنسينغ، وأشار الباحث إلى أنّ عديدات السكاريد في الجنسينغ (GPS) هي أقوى مثبطات الانحلال الدموي الناجم عن التمارين الرياضية وعدم توازن الأوكسدة والاختزال في كريات الدم الحمر حيث تعمل عديدات السكاريد (GPS) على تثبيط العوامل التي تؤدي إلى انحلال الدم (RBVs) من خلال حماية غشاء الكريات الحمر بتخريب الجذور الحرة التي تهاجمه، وكذلك تقليل لزوجة الدم الكامل (WBV)، وتحسين التشوه، وزيادة قدرة الهيموغلوبين على حمل الأكسجين وإطلاقه، حيث هذه الخواص مرتبطة بتعزيز قدرة مضادات الأوكسدة في الكريات الحمر. علاوة على ذلك، تعزز عديدات السكاريد من تحلل الجلوكوز في كريات الدم الحمر أثناء ممارسة التمارين الرياضية الشاقة عن طريق استعادة أنشطة الإنزيمات المرتبطة بتحلل السكر، وبالتالي تنظيم اضطراب استقلاب الطاقة الناجم عن الإجهاد التأكسدي. وأضاف الباحث أنّ عديدات السكاريد (GPS) تحسن نظام الدفاع المضاد للأوكسدة، وتعزز التمثيل الغذائي للطاقة، وتنظم تكوين السكر من خلال تنشيط مسار PPAR  $\gamma$  co-activator 1 alpha (PGC-1 $\alpha$ ) في خلايا BRL-3A المعرضة للإجهاد ميكانيكياً.

وكذلك يتمتع نبات الأملج بخاصية مضاد الأوكسدة (Yan et al., 2022) حيث أثبتت دراسة مخبرية أنّ تركيز 150-200 ميكروغرام / مل من المستخلص المائي للأملج أدت إلى حدوث انخفاض معنوي في مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر بعد حدوث الإجهاد التأكسدي وأفاد الباحث بأنّ الخلاصة المائية لنبات الأملج تعمل على حماية غشاء الكريات الحمر وتعزز ارتباط الهيموغلوبين بالأوكسجين وكذلك تضبط تحولات سوائل البلازما من خلال المحافظة على تركيز البروتين الكربوني، والبروتين الكلي، ومستويات الألبومين وبالتالي عودة النسبة المئوية لخلايا الدم المرصوصة إلى القيم الطبيعية

وتعود تلك الخواص إلى الفلافونيدات وهي: الكيرستين Quercetin وحمض الغاليك Gallic Acid (Packirisamy et al., 2018; Yan et al., 2022).

وأيضاً أثبتت الدراسات العلمية للباحث (Dash et al., 2020) أن القولنجان يتمتع بالعديد من الخواص أهمها خواصه المضادة للأكسدة ويعمل على تحسين المؤشرات الدموية وخفض مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر بعد الإجهاد التأكسدي وذلك من خلال كسح الجذور الحرة المتولدة أثناء النشاط البدني المكثف وكذلك أثبتت الدراسات قدرة الخلاصة المائية لنبات القولنجان بجرعة 50 ملغ/كغ تعمل على حماية الكريات الحمر من الأضرار التأكسدية وكذلك الحفاظ على الوظائف الفيزيولوجية للهيموغلوبين والوقاية من العوامل التي تؤدي إلى زيادة لزوجة الدم الذي يعقبه الانحلال الدموي الفيزيولوجي (Pillai et al., 2018; Dash et al., 2020).

في حين أثبتت العديد من الدراسات أن القسط الهندي يعمل على حماية الجسم من العديد من الأمراض ويحافظ على وظائف أعضاء الجسم حيث يحوي على العديد من الجواهر الفعالة والتي تجعل منه نباتاً طيباً بامتياز حيث درست العديد من الأبحاث الخواص التي يتمتع بها النبات وأظهرت نتائج تلك الأبحاث بأن القسط الهندي له دور في وقاية الجسم من زيادة لزوجة الدم وحدوث الانحلال الدموي الناتج عن ارتفاع عدد الكريات الحمر وخضاب الدم وزيادة نسبة خلايا الدم المرصوصة (Nadda et al., 2020)، والجدير بالذكر بأن تلك الخاصية تعود إلى لاكتونات سيسكيتيربين Sesquiterpene Lactones والتي تشمل Costunolide و Dehydrocostus Lactone (Pandey et al., 2017) والتي ركزت عليها الأبحاث ومازالت الدراسات قائمة حتى الآن لمعرفة أهمية وآلية عمل تلك الجواهر في وظائف أعضاء الجسم (Yuan et al., 2022; Zhange et al., 2023).

أو قد يعود ذلك الانخفاض المعنوي إلى الجواهر الفعالة في العسل حيث كشفت الدراسات التي أجريت في الجسم الحي أن العسل قادر على تحفيز نظام الدفاع المضاد للأكسدة في الأنسجة والأعضاء من خلال تعزيز أنشطة إنزيمات مضادات الأكسدة الخلوية، مثل سوبر أوكسيد ديسموتاز (SOD)، الكاتالاز (CAT)، والغلوتاثيون بيروكسيداز، والجلوتاثيون S-ترانسفيراز، وعن طريق زيادة مستويات الغلوتاثيون المختزل (Terzo et al. 2020) وبالتالي خفض مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر كما بينت نتائج تجارب الباحث (Łagowska et al. 2017). وأن المكونات الرئيسية للعسل المسؤولة عن الخصائص المضادة للأكسدة هي البوليفينول (الأحماض الفينولية والفلافونويد) وفيتامين C وفيتامين E والإنزيمات (مثل الكاتالاز والبيروكسيداز) والعناصر النادرة (Dzukan et al., 2018).

بالإضافة إلى ذلك أظهرت الدراسات القدرة الوقائية والعلاجية للعسل للعديد من الاضطرابات الهرمونية مثل ارتفاع الكاتيكولامينات والتي تؤدي إلى العديد من اضطرابات المؤشرات الدموية منها (Hb-HCT-RBC) في الحالات الطبيعية وبعد التمارين الرياضية (Al-Waili., 2003; Hills et al., 2019) في حين أوضحت العديد من الدراسات أن الجواهر الفعالة في العسل تعمل على تحسين الاستجابات الفيزيولوجية وتساعد في الوصول إلى التكيف الفيزيولوجي وفرض الاستتباب الفيزيولوجي (Hills et al., 2019) حيث أن أغلب اتجاهات الدراسات الحديثة تبحث في آثار تحميل العسل على الخلاصات النباتية لتحديد تأثيراتها التأخرية (Li et al., 2023; Kong et al., 2022) لذلك فإن تناول العسل بمفرده أو مع الخلاصات الطبية أو على شكل مكملات أو مستحضرات قد يكون مفيداً في معالجة الأمراض والاضطرابات الفيزيولوجية المرتبطة عادةً بالإجهاد التأكسدي في السباق (Terzo et al. 2020; Hills et al., 2019).

وقد يكونُ لمجموعةِ فيتامين B دوراً في تحسينِ المؤشراتِ الدموية حيثُ من المعلومِ دورها في تنظيمِ الاستقلابِ المولدِ للطاقة، وبشكلٍ عامٍ أثبتتُ مُراجعةٌ علميةٌ للباحث (Tardy et al., 2020) أنَّ لمجموعةِ فيتامين B دوراً في كسحٍ وإتلافِ الجذورِ الحرةِ المُتولدةِ أثناءِ السباقِ وتخفيفِ التعبِ العضليِ وتحسينِ الاستجاباتِ الفيزيولوجيةِ وزيادةِ قوةِ العضلاتِ من خلالِ الاستقلابِ المتكاملِ للطاقة.

تتفقُ نتائجُ البحثِ في الإطارِ العامِ معِ العديدِ من الأبحاثِ التي استخدمتِ المُكملاتِ عندَ الخيولِ الرياضيةِ بالرغمِ من اختلافِ الخلاصاتِ النباتيةِ والفيتاميناتِ والعناصرِ المستخدمةِ في الأبحاثِ الأخرى (Warren., 2017) ولكنُ بشكلٍ عامٍ أوضحتُ العديدَ من الدراساتِ أنَّ جميعِ المكملاتِ بالعمومِ تتمتعُ بخاصيةٍ رئيسيةٍ وهي مضاداتِ الأكسدةِ والتي لها دورٌ كبيرٌ في تحسينِ الاستجاباتِ الفيزيولوجيةِ وتحسنِ لأداءِ الرياضيِ حمايةِ الخيولِ من الأمراضِ وتحسينِ صحةِ ورفاهيةِ الخيولِ حيثُ يمكنُ مراجعةِ الأبحاثِ التاليةِ ( Dockalova et al., 2022; White et al., 2001; Elghandour et al., 2018; Ememe et al., ) (2015; Marañón et al., 2008;

### ٣. مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمكونات الدم البيوكيميائية عند خيول

#### السباق في مجاميع التجربة:

٣, ١ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تركيز الغلوكوز في مجموعات خيول التجربة:

بلغ متوسط تركيز الغلوكوز في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $92.3 \pm 13.5$ ) ملغ/دل وجاء هذا متوافقاً مع (Hodgson et al. 2017; National Research Council 2017)، حيث يختلف تركيز الغلوكوز في مصل الدم باختلاف عدد من العوامل أهمها العمر، الجنس، التغذية، وقت الاعتيان (سحب العينة الدموية)، الفصل من السنة، نظام التدريب المطبق وغيرها، ولكن بشكل عام تبلغ النسبة الطبيعية لتركيز الغلوكوز في مصل الدم عند الخيول الرياضية (4-8) ميلي مول/ليتر أي ما يقارب (70-140) ملغ/دل، حيث جاءت نتائج الدراسة ضمن المدى الطبيعي لمعدل تركيز الغلوكوز في الكتب المرجعية (Hinchcliff., 2014; Hodgson et al. 2014).

وبينت نتائج البحث وجود فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلت بحدوث ارتفاع معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسطات تراكيز الغلوكوز في المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 بعد السباق وذلك عند مقارنتهما مع مجموعة الشاهد الطبيعي G1، وجاءت هذه النتائج متوافقة مع العديد من الأبحاث والدراسات التجريبية والسريية (Zeng et al., 2023; Bos et al., 2018; Muñoz et al., 2022; Kedzierski and Beraero., 2006)

يمكن أن يُفسر ارتفاع تركيز الغلوكوز بعد السباق بمجموعة من الأسباب يأتي في مقدمتها نفاذ مصادر الطاقة الرئيسية المتمثلة بالأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) وفوسفات الكرياتين (PCr) أو ما يسمى بنظام الفوسفوجين لإمدادات الطاقة وبدء الاعتماد على نظام الغليكوجين-حمض اللاكتيك، والذي يقود بدوره إلى تحلل سريع للغليكوجين المخزن في الكبد والعضلات إلى الغلوكوز-6-فوسفات ومن ثم إلى الغلوكوز، وهذا التحلل السريع للغليكوجين يؤدي إلى ارتفاع تركيز الغلوكوز في مجرى الدم وذلك من أجل توفير الطاقة اللازمة للسباق (Hodgson et al. 2014; Hall & Hall., 2020).

ويمكن أن يُعزى السبب إلى الاستجابات الفيزيولوجية الهرمونية التي تتحكم في مستوى تركيز الغلوكوز (هرمون الأنسولين، هرمون الغلوكاغون، هرمون الأدرينالين، هرمون الكورتيزول) أثناء السباق، حيث تتضمن هذه الاستجابات زيادة كبيرة في تدفق ركائز الطاقة مع بدء النشاط العضلي، والتي تعتمد في طبيعتها على كثافة ومدة السباق، حيث تؤدي قوة اندفاع الحصان مع زيادة كثافة السباق إلى الحصول على نسبة أكبر من إجمالي إنتاج الطاقة من الغليكوجين في العضلات والكبد ويتم التحكم في إمداد هذه الركائز من خلال الاستجابات الهرمونية للسباق، والتي تشمل انخفاض تركيز الأنسولين في الدم وزيادة في تراكيز الكاتيكولامينات والكورتيزول والغلوكاغون في الدم، فيؤدي ذلك إلى ارتفاع مستوى تركيز الغلوكوز في مجرى الدم (Ferlazzo et al., 2020).

كما يمكن تفسير الزيادة الحاصلة في مستويات الغلوكوز في المصل التي لوحظت في هذه الدراسة أثناء السباق نتيجة لزيادة معدل تحلل الغليكوجين، حيث أنه مع زيادة شدة السباق يتم كبح إفراز الأنسولين من البنكرياس بواسطة الجهاز العصبي الودي Sympathetic Nervous System، ونتيجة لذلك تزداد مستويات الغلوكاغون في الدم، مما يؤدي إلى زيادة معدل تحلل الغليكوجين إلى غلوكوز (Hodgson et al. 2014; Hinchcliff et al., 2013).

وتُلاحظ هذا الاستجابات الفيزيولوجية فقط في سباقات السرعة ولمسافات قصيرة أي السباقات ذات الشدة العالية ولمدة زمنية قصيرة (High-Intensity Exercise) على عكس سباقات التحمل ذات الشدة المنخفضة إلى المعتدلة (Low-Intensity Exercise)، التي يلاحظ فيها انخفاض في مستويات الغلوكوز (Prince et al., 2002).

وقد أوضح الباحث (Johnson et al., 2017) أن ارتفاع تركيز الجلوكوز في الدم دلالة واضحة على اعتماد الخيول أثناء السباق على نظام الأكسدة اللاهوائية والتي تمثل مقدمة التعب العضلي كنتيجة لارتفاع مستوى هرمون التوتر والاجهاد (الكورتيزول) والذي يُثبط الأنسولين وتوافق مع الباحث (Gim et al., 2014) الذي أوضح أن الإجهاد الرياضي يؤدي إلى ارتفاع تركيز الجلوكوز في الدم وفُسّر ذلك بتغيرات التعبير النسخي لجينات استقلاب الجلوكوز والنشاط المفرط للجهاز الودي وزيادة إفراز الأدرينالين الذي يُنشط تحلل الغليكوجين من مخازنه وتوافق معه العديد من الباحثين (Ferlazzo et al., 2020)، في حين كان هناك تعارض في تفسير هذا الارتفاع للفرضية الحديثة للعالم (Brooks et al., 2022) التي توضح أن زيادة تركيز الجلوكوز في الدم هي عبارة عن استجابة فيزيولوجية لحاجة الجسم المستمرة للطاقة وليست مقدمة للتعب العضلي أو الإجهاد الرياضي حيث أن اللاكتات الناتج عن استقلاب الجلوكوز المرتفع ليس بالضرورة أن يكون ناتج عن الأكسدة اللاهوائية، حيث ينتج اللاكتات من الجلوكوز حتى في ظل الظروف الهوائية.

كما أظهرت نتائج الدراسة الحالية وجود فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلت بحدوث انخفاض معنوي جداً ( $P \leq 0.0001$ ) في تركيز الجلوكوز في المجموعتين: الثالثة G3 والخامسة G5 التي حُقنتا بالمستحضر قبل وبعد السباق وذلك عند مقارنتهما مع المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 على التوالي.

وقد يُفسر ذلك بأنه يعود إلى الجواهر الفعالة في الخلاصات النباتية حيث تشترك جميعها في خاصية تنظيم مستوى تركيز جلوكوز الدم حيث دلّت التجارب المخبرية والسريرية على أن هذه الخاصية تعود إلى عديدات السكاريد Polysaccharides في الجنسينغ (Guo et al. 2021)، وإلى التانينات التي تدعى فيلانتاسيدويد phyllanthacidoid في الأملج (Siddiqui et al. 2022)، وإلى Constunolide and Dehydrocostus Lactone في القسط الهندي (Pandey et al., 2017)، أو قد يعود ذلك إلى مجموعة فيتامين B Complex حيث من المعروف أنها تساهم بشكل كبير في استقلاب جزئيات الجلوكوز لإنتاج الطاقة، أو ربما يكون للعسل دوراً في تنظيم مستوى تركيز الجلوكوز حيث بينت العديد من الدراسات بأن العسل وبالرغم من احتوائه على الجلوكوز والفركتوز يعمل على تنظيم مستوى الجلوكوز من خلال البوليفينولات والفلافونيدات المضادة للأكسدة والكاسحة للجذور الحرة والتي تزيد من حساسية خلايا بيتا وإفراز الأنسولين وبالتالي خفض سكر الدم (Alaerjani et al., 2019; Hills et al., 2022; Zheng et al., 2022)، كما بين الباحث (Jagim et al., 2019) أن الجمع بين الخلاصات النباتية و الفيتامينات والعسل يعمل على إحداث تأثير تآزري للمواد الفعالة وتحسين أداء التمرين الشاق وتحسين ما يليه من استجابات وتكيفات فيزيولوجية الأمر الذي يقود إلى تنظيم مستويات الجلوكوز في الدم بما يتناسب مع الحالة الفيزيولوجية للخيول وضبطها بحيث تبقى ضمن الحدود الفيزيولوجية المقبولة.

أو قد يكون كما بينت الأبحاث التجريبية إلى أن الخلاصات النباتية الموجودة في المستحضر كالجينسينغ والأملج والقسط الهندي وبذور الخردل والكرفس تحوي في جواهرها الفعالة على بروتينات نباتية شبيهة بالأنسولين، حيث تحث هذه البروتينات على تنظيم مستوى تركيز الجلوكوز في مجرى الدم من خلال عملها المشابه لعمل الأنسولين (Cecchini et al., 2014).

## ٣,٢ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تركيز الغليسيريدات الثلاثية والكوليستيرول في مجموعات خيول التجربة:

بلغ متوسط تركيز الكوليستيرول والغليسيريدات الثلاثية في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $63.6 \pm 8.8 - 39.6 \pm 6.1$ ) ملغ/دل على التوالي وجاء هذا متوافقاً مع (Hodgson et al. 2014; National Research Council 2017)، حيث يختلف تركيز الدهون في مصل الدم باختلاف عدد من العوامل أهمها: العمر، الجنس، التغذية، وقت الاعتيان (سحب العينة الدموية)، الفصل من السنة، نظام التدريب المطبق وغيرها، ولكن بشكل عام تبلغ النسبة الطبيعية لتركيز الكوليستيرول والغليسيريدات الثلاثية في مصل الدم عند الخيول الرياضية (65-115) ملغ/دل و (35-45) ملغ/دل على التوالي (Hodgson et al. 2014)، حيث جاءت نتائج الدراسة ضمن المدى الطبيعي لمعدل تركيز الكوليستيرول والغليسيريدات الثلاثية في الكتب المرجعية.

وبينت نتائج البحث وجود فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلت بحدوث ارتفاع معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسطات تركيز الغليسيريدات الثلاثية ومتوسطات تركيز الكوليستيرول في المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 بعد السباق وذلك عند مقارنتهما مع مجموعة الشاهد الطبيعي G1، وجاءت هذه النتائج متوافقة مع العديد من الأبحاث والدراسات التجريبية والسريرية (Piccione et al., 2014; Jović et al., 2013; Piccione et al., 2009; Piccione et al., 2008).

يُعزى الارتفاع في مستويات الغليسيريدات الثلاثية والكوليستيرول الكلي إلى الاستجابات الفيزيولوجية المنظمة للآليات الاستقلاب بالدرجة الأولى حيث أثبتت الدراسات أنه أثناء النشاط البدني عالي الشدة أي خلال سباقات السرعة يتم الاعتماد بشكل رئيس على المسارات اللاهوائية ولكن ليس بشكلٍ مطلقٍ وإنما يكون هناك تكامل منسق ومعقد بين المسارات الهوائية واللاهوائية لإنتاج الطاقة، وتمثل المسارات الهوائية لتجديد ATP من تحلل الدهون (الغليسيريدات الثلاثية) أكثر الوسائل فعالية لإنتاج الطاقة، ومع ذلك فهو أبسط مسار للاستجابة لمتطلبات سباق السرعة، بسبب تأخر القلب والأوعية الدموية في إمداد الخلايا بالأكسجين وتعقيد التفاعلات، وهذا ما يفسر الارتفاع الطفيف في تركيز الغليسيريدات الثلاثية (Hodgson et al., 2014). وقد فسّر الباحثون في مجال فيزيولوجيا الخيول الرياضية ذلك الارتفاع بشكل دقيق بعد سباق السرعة بقولهم: إنه على الرغم من أن كلا المسارين الهوائي واللاهوائي لإنتاج الطاقة يكونان نشطين بشكل عام أثناء السباق إلا أنه هناك منحنى نقطي في الاعتماد على مصادر الطاقة يعتمد على عدة عوامل تنشيط أو تثبط داخل العضلات العاملة أثناء السباق وأهمها التركيزات النسبية للمستقلبات الوسيطة التي قد تُنشط أو تُثبط إنزيمات مفتاحية في دورات إنتاج الطاقة، حيث أنه في بداية السباق عندما يكون الأوكسجين وفيراً يتم إنتاج الطاقة إلى حد كبير من استقلاب الغليكوجين عبر المسارات الهوائية، وفي غضون ثواني إلى بضعة دقائق، ترتفع تركيزات الغلوكوز و الغليسيريدات الثلاثية الناتجة في مصل الدم وذلك بعد استفاد (20-30)% من الغليكوجين، حيث تميل دورات إنتاج الطاقة نحو تحلل الدهون من خلال دورة ( $\beta$ -oxidation) للأحماض الدهنية (FFA) الناتجة عن تحلل الغليسيريدات الثلاثية، ومع ارتفاع الطلب على الطاقة، تنخفض نسبة ATP / ADP في العضلات، مما يوفر حافزاً لإنتاج الطاقة عبر الآليات اللاهوائية. أي أن هناك منحنى طفيف في إنتاج الطاقة من الغليسيريدات الثلاثية ولكنه بطيء جداً ولا يمكنه تلبية متطلبات الطاقة للعضلات أثناء سباقات السرعة، لذا يستمر الجسم في إنتاج الطاقة من المصادر اللاهوائية بسبب الحاجة الفائقة للسرعة لإنتاج الطاقة (Hinchcliff., 2014).

توافقت نتائج الدراسة مع نتائج الباحث (Piccione et al., 2009) وفسر ذلك الارتفاع بأنه قد يكون بسبب استقلاب الأحماض الدهنية غير المؤسّرة (NEFAs) حيث أن هذه الأحماض قد توفر في نهاية السباق ما يصل إلى 90% من إجمالي متطلبات الطاقة؛ وبالتالي يزداد تركيز الغليسيريدات الثلاثية في نهاية السباق. لذلك، تؤثر شدة التمرين على استخدام (NEFAs) مما يؤثر على تركيز الغليسيريدات الثلاثية. وأكد ذلك التفسير الباحث (Carreón et al., 2013) الذي وجد أنه تزداد قيم الغليسيريدات

الثلاثية مع زيادة شدة وكثافة التمرين مع تغير طفيف في مستوى الكوليستيرول. وكذلك توافقت النتائج مع الباحثان (Kedzierski, & Bergero., 2006) اللذان قارنا بين المعايير البيوكيميائية بين سلالة الخيول العربية الأصيلة وبين سلالة ثوربريد وذلك بعد سباق 1200 متر واستنتج الباحثان أن الخيول العربية الأصيلة لديها قدرة على استقلاب الدهون بشكل أفضل من سلالة ثوربريد. وأيضاً توافقت نتائج البحث مع الباحث (Assenza et al., 2016) والذي أفاد بأنه تزداد قيم الغليسيريدات الثلاثية والكوليستيرول و NEFAs و VLDLs بعد كل منافسة رياضية، ويمثل اتجاه تذبذب هذه المعايير إلى الاستجابات الفيزيولوجية الاستقلابية والهرمونية المحتملة للخيول أثناء النشاط البدني وطبيعة المنافسة الرسمية نفسها، حيث فسّر تلك الارتفاعات بأنه أثناء ممارسة النشاط البدني، من المرجح أن يحصل فرط في نشاط الجهاز السمبثاوي الكظري sympathetic-adrenal و انخفاض في تركيز الأنسولين، الأمر الذي يقود إلى زيادة حساسية مستقبلات بيتا الأدرينالية Beta-Adrenergic لأنسجة الدهنية والذي يعمل على تحفيز تحلل الدهون من الغليسيريدات الثلاثية، مما يعزّز استخدام الأحماض الدهنية كمصدر للطاقة، ويتم توفير الأحماض الدهنية المستخدمة في الاستقلاب أثناء السباق للعضلات ليس فقط من خلال الأنسجة الدهنية، ولكن أيضاً عن طريق تداول البروتينات الدهنية منخفضة ومرتفعة الكثافة والغليسيريدات الثلاثية المخزنة في خلايا العضلات نفسها وأكد ذلك الباحث (Ferlazzo et al., 2020).

ومن المعروف أن الكوليستيرول الكلي وكذلك (HDLs) و (LDLs) لا يمكن اعتبارهما مصدراً رئيسياً للطاقة أثناء السباق، لذلك لم نتوقع أن يتغير تركيز الكوليستيرول الكلي في المصل بعد السباق، ومع ذلك لوحظ في الدراسة الحالية ارتفاع معنوي في قيم الكوليستيرول وبالرغم من أنه طفيف وضمن الحدود الفيزيولوجية إلا أنه مثير للاهتمام. وقد يعزى ذلك الارتفاع إلى التغيرات الفيزيولوجية في بنية وهيكلية خلايا العضلات المتمثلة في الضرر العضلي المتزايد لخلايا العضلات والتغيرات الفيزيولوجية في كريات الدم الحمر الذي يحدث أثناء ممارسة الرياضة البدنية. حيث أثبتت الدراسات أن النشاط البدني عالي الشدة أي في سباقات السرعة يمكن أن يؤثر السباق ويؤدي إلى تغيير في تكوين الدهون في غشاء الخلية بسبب التغيرات في درجة الحموضة PH في الدم و / أو الضرر التأكسدي الذي يؤثر على التوازن التناضحي الخلوي ويسهل الجفاف الخلوي مما يؤدي إلى زيادة معنوية في تركيز الكوليستيرول بعد السباق (Jović et al., 2013; Bos et al., 2018).

أما عن سبب اختلاف نتائج الدراسة مع بعض الأبحاث فقد يعزى ذلك لعدة أسباب أهمها هي الخيول المستخدمة في الدراسة حيث اشتملت الدراسة على الخيول العربية الأصيلة التي تعتبر الأولى عالمياً في سباقات التحمل والثانية في سباقات السرعة والتي تختلف في بعض السمات الفيزيولوجية عن الخيول الأخرى الإنجليزية (ثوربريد، ستاندربريد،...) وأهم تلك السمات التي تخص سباقنا: هي بنية وتركيب العضلات ونسبة الألياف القادرة على استقلاب الدهون والقدرة التنفسية المنتظمة أثناء سباق السرعة، وهذا ما أكدته دراسة حديثة للباحثان (Ekici & Ozmen., 2021) نُشرت في مجلة العلوم البيطرية للخيول حيث أوضحا بأن نسبة الألياف المؤكسدة من النوع الأول في بنية الأنسجة العضلية للخيول العربية الأصيلة أعلى من سلالات خيول السباق الأخرى، وتتميز الألياف العضلية المؤكسدة من النوع الأول بمحتوى منخفض من الغليكوجين وقدرة عالية على تخزين الغليسيريدات الثلاثية، لذلك فإن الخيول العربية الأصيلة لديها القدرة على استخدام المزيد من الدهون للحصول على طاقة أعلى مقارنة مع سلالات خيول السباق الأخرى من خلال أليافه المؤكسدة من النوع الأول في عضلاته، ونتيجة لذلك تطرأ تغيرات معنوية في مستويات الدهون في المصل عند الخيول العربية الأصيلة أثناء وبعد السباق مقارنة بالسلالات الأخرى.

كما أظهرت نتائج الدراسة الحالية وجود فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلت بحدوث انخفاض معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في تركيز الغليسيريدات الثلاثية والكوليستيرول في المجموعتين: الثالثة G3 والخامسة G5 التي حققتنا بالمستحضر وذلك عند مقارنتهما مع المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 على التوالي.

وقد يفسر ذلك بأنه يعود إلى التكيّفات الفيزيولوجية للخيول ومساعدة الجواهر الفعالة في الخلاصات النباتية لمُكمل إينرجي فورت في تنظيم مستوى الغليسيريدات الثلاثية والكوليستيرول في مصل الدم عند مجاميع خيول التجربة، حيث تشترك تلك الخلاصات النباتية في خاصية تنظيم مستوى الدهون في الدم، ودلت التجارب المخبرية والسريية على أن الجينسنغ يعمل على تنظيم مستوى الدهون في الدم حيث يعمل على تنظيم مستوى الشحوم الثلاثية والكوليستيرول الكلي في الدم ويعمل على زيادة الكوليستيرول المفيد (Aminifard et al., 2021) وتلك الخاصية تعود إلى الجينسينوسيدات من نوع (Rg1, Rg2) اللذين تمّ عزلهما من النبات لتأكيد تأثيرهما على تنظيم الغليسيريدات الثلاثية والكوليستيرول، وكذلك الأملج بينت الدراسات أن جرعة (1-3) غرام من المستخلص المائي عملت على خفض مستوى الشحوم الثلاثية TG والكوليستيرول TC ومستوى البروتين الدهني منخفض الكثافة LDL ورفع مستوى البروتين الدهني مرتفع الكثافة HDL (Saini et al. 2022)، وتعود تلك الخاصية إلى التانينات من نوع Phyllanthacidoid (Xin et al., 2021)، وكذلك القسط الهندي حيث أثبتت الدراسات قدرته على تنظيم مستوى الدهون في الجسم مثل الكوليستيرول والشحوم الثلاثية والبروتينات الدهنية منخفضة ومرتفعة الكثافة وكذلك الكرياتينين واليوريا وذلك بجرعة 200 ملغ/كغ وتعود تلك الخاصية إلى قدرته المضادة للأكسدة (Abouelwafa et al., 2023)، وكذلك القولجان حيث أثبتت الدراسات قدرة الخلاصة المائية للنبات على تنظيم مستوى الدهون في الدم حيث يخفض الشحوم الثلاثية والكوليستيرول الكلي ويعمل على زيادة الكوليستيرول المفيد وتلك الخاصية تعود إلى البولي فينولات (Heidari et al., 2022)، وكذلك بذور الخردل والكرفس تعمل على تنظيم مستوى الدهون في الدم حيث تعدل الشحوم الثلاثية والكوليستيرول الكلي ويعمل على زيادة الكوليستيرول المفيد وتلك الخاصية تعود إلى أحماض أوميغا 3 الدهنية والبوليفينول (Das et al., 2022; Paul et al., 2021)، حيث من الممكن أن يكون لتأثير المواد الفعالة في هذه النبات دوراً في تنظيم مستوى الدهون عند الخيول. أو قد يعود ذلك للخواص المضادة للأكسدة التي تتمتع بها مكونات المستحضر حيث أثبتت الدراسات أن مضادات الأكسدة لها دوراً كبيراً في كسح الجذور الحرة المتولدة أثناء السباق، أو ربما قد يكون التأثر بين الجواهر الفعالة في المستحضر عمل إعادة استتباب العناصر الفيزيولوجية بعد السباق من خلال آليات رفع إنتاج الطاقة مع إبقاء النشاطات الفيزيولوجية ضمن المدى الطبيعي (Dockalova et al., 2022; White et al., 2001; Elghandour et al., 2018).

بينما أفادت مراجعة منهجية منشورة في مجلة جامعة كامبريدج مع تحليل نتائج دراسات سابقة هدفها تحديد تأثير العسل على تركيزات الدهون في مصل الدم (الغليسيريدات الثلاثية، الكوليستيرول الكلي، البروتينات الدهنية مرتفعة ومنخفضة الكثافة) وأوضحت بأنه قد يكون لفلافونيدات العسل دور جزئي وبسيط في تنظيم تركيز الدهون في مجرى الدم، ولكن بشكل عام يمكن أن يكون للعسل دور في تحسين فترة التعافي بعد السباق (Gholami et al., 2022).

في حين أظهرت دراسة بشرية درست العلاقة بين الأنشطة البدنية المختلفة وتناول المكملات الحاوية على العديد من العناصر الغذائية ومجموعة فيتامين B وأفادت بأنه يمكن أن يكون لمجموعة فيتامين B دور في تنظيم مستويات الدهون وتحسين النشاط الرياضي وفترة التعافي التي تعقب النشاط البدني (Zhan et al., 2023).

### ٣,٣ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تركيز البروتين الكلي والألبومين في مجموعات خيول التجربة:

بلغ متوسط تركيز البروتين الكلي والألبومين في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $2.9 \pm 0.49 - 6.6 \pm 0.53$ ) غ/دل على التوالي وجاء هذا متوافقاً مع (Hodgson et al. 2014; National Research Council 2017)، حيثُ يختلف تركيز البروتينات في مصل الدم باختلاف عدد من العوامل أهمها: العمر، الجنس، التغذية، وقت الاعتيان (سحب العينة الدموية)، الفصل من السنة، نظام التدريب المطبق وغيرها، ولكن بشكل عام تبلغ النسبة الطبيعية لتركيز البروتين الكلي والألبومين في مصل الدم عند الخيول الرياضية (5-7) غ/دل و (2.6-3.5) غ/دل على التوالي (Hodgson et al. 2014)، حيثُ جاءت نتائج الدراسة ضمن المدى الطبيعي لمعدل تركيز البروتين الكلي والألبومين في الكتب المرجعية.

وبينت نتائج البحث وجود فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلت بحدوث ارتفاع معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسطات تركيز البروتين الكلي والألبومين في المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 بعد السباق وذلك عند مقارنتهما مع مجموعة الشاهد الطبيعي G1، وجاءت هذه النتائج متوافقة مع العديد من الأبحاث والدراسات التجريبية والسريية (Maško et al., 2021; (Bos et al., 2018; ; Piccione et al., 2009; Piccione et al., 2008).

يمكن تفسير ذلك بأن السباق يحث على إعادة توزيع معقدة للسوائل والشوارد داخل مقصورات الجسم (Fluid compartments)، مما يؤدي إلى انخفاض سريع في حجم البلازما بعد بدء السباق، بما يتناسب مع كثافة ومدة الجهد البدني (Partments., 2014). ويؤدي هذا الانخفاض في حجم البلازما عادةً إلى زيادات طفيفة جداً في تركيزات البروتين الكلي والألبومين وذلك أثناء ممارسة الأنشطة الرياضية عالية الشدة ولمدة قصيرة (Jose-Cunilleras et al., 2014) وكلما زادت كثافة السباق ومدته زاد انخفاض حجم البلازما وارتفع تركيز البروتين الكلي والألبومين نتيجة فقدان السوائل عن طريق التعرق والعمليات الفيزيولوجية الأخرى (McKeever., 2009). ولا بد من تفسير ذلك الارتفاع المعنوي في قيم البروتين الكلي و الألبومين فيزيولوجياً وبشكل دقيق لأن ذلك يعطينا صورة دقيقة عن التغيرات في وظائف الأعضاء ويساعدنا على فهم الاستجابة التي تطرأ على الخيول أثناء السباق، حيث أنه في التواني الأولى من بداية السباق، هناك حركة صافية سريعة للبروتينات والسوائل من الفضاء الخلالي (Interstitial Space) والأوعية للمفاوية إلى الحيز الوعائي (Vascular Compartment) يتسبب هذا التدفق الداخلي للبروتين والماء في زيادة عابرة وقصيرة الأجل في حجم البلازما (Stoiber et al., 2005)، وهو تحول بين الأحياز لسوائل الجسم يقترن بإعادة توزيع الدم من جانب السعة الوريدية (Venous Capacitance) من نظام الأوعية الدموية إلى الجانب الشرياني لتوفير قدر كافٍ من السوائل (McKeever., 2009). هذه العودة الوريدية من أجل الحفاظ على ضغط امتلاء القلب وهذا التوزيع المهم للدم والسوائل من جانب السعة الوريدية من الجهاز الوعائي مهم بسبب الحاجة إلى عودة وريدية إضافية في وقت يكون فيه توسع الأوعية الدموية السريع في العضلات العاملة مهم لتلبية متطلبات تلك العضلات من المغذيات والطاقة (Rowell., 2011). وفي المقابل ومع التواني الأولى للسباق يبدأ تقلص الطحال مما يؤدي إلى زيادة كبيرة في عدد الكريات الحمر وزيادة ضغط الدم ومع زيادة كثافة التمرين يتم إعادة توزيع السوائل والإلكتروليات من حجرة الأوعية الدموية إلى مساحات السوائل خارج الخلية، ويتوافق ذلك مع انخفاض في حجم البلازما وزيادة طفيفة مقابلة في إجمالي البروتين الكلي والألبومين، حيث يبدو أن مدى الاستجابة لتحول وتدفق السوائل والشوارد مرتبط ارتباطاً عميقاً بمدى السباق (Coyne et al., 1990). وقد لوحظ ارتفاع البروتين الكلي والألبومين في دراسات مشابهة في خيول البولو والخيول التي تؤدي تمريناً دون الحد الأقصى (Kędzierski et al., 2019)، ولكن بدرجة أقل في خيول السباق وغيرها من الخيول التي تمارس التمرينات القصوى (Hiraga & Sugano., 2016). وتعود الزيادات في تركيز البروتين الكلي والألبومين المرتبطة بسباقات السرعة إلى قيم ما قبل السباق في غضون بضعة ساعات من انتهاء السباق (Hargreaves et al., 1999)، لكن في

الظروف الحارة والتعرق الكثيف وفقدان الشوارد في العرق قد تكون تحولات السوائل هذه أكثر دراماتيكية وطويلة الأمد وتؤدي إلى اضطرابات شديدة في توان سوائل وشوارد الجسم مترافقة مع خلل في الحفاظ على تراكيز الحمض-أساس في الجسم (Arfuso et al., 2021).

كما أظهرت نتائج الدراسة الحالية وجود فروقات معنوية ( $P \geq 0.05$ ) في تركيز البروتين الكلي والألبومين في المجموعتين: الثالثة G3 والخامسة G5 التي حققتا بالمستحضر وذلك عند مقارنتهما مع المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 على التوالي. وبالرغم من ذلك يمكن أن يكون أن تلعب التكيفات الفيزيولوجية للخيل بالإضافة إلى حقن المكمل دوراً في استتباب تركيز البروتين الكلي والألبومين، حيث أثبتت الدراسات بأن الخلاصات النباتية تحوي على العديد من الشوارد التي لها دوراً مساعداً في تنظيم مستوى الماء في الأحياز الخلوية وبالتالي الحفاظ على حجم البلازما وتركيز البروتين الكلي والألبومين، وأثبتت التجارب المخبرية أن الأملج له دوراً في تنظيم تركيز الشوارد والماء وذلك من خلال التريبيينات التي يمتلكها (Tan et al., 2020)، بالإضافة إلى ذلك يملك القولنجان فعالية خاصة لتحقيق الاستتباب في حالات اختلال الشوارد والنزف أي أنه من الممكن أن يكون له دوراً في الحفاظ على حجم البلازما وبالتالي الحفاظ على مستوى البروتين الكلي والألبومين ضمن الحدود الطبيعية (Ding et al., 2019)، في حين تتمتع بذور الكرفس وبذور الخردل باحتوائها على نسب عالية من الشوارد والتي تدعم افتراضنا بتعديل التغيرات الحاصلة على مستوى البلازما بتغيير نسب الشوارد (Al-Asmari et al., 2017).

وربما قد يعود ذلك إلى قدرة الفيتامينات الطبيعية للمستحضر والتي لها دوراً مهماً في تنظيم مستوى البروتينات في مصل الدم، حيث تلعب الفيتامينات دوراً حيوياً في تحفيز وتنشيط غدد الإفراز الداخلي، على سبيل المثال تساهم هرمونات قشرة الكظر والفص الأمامي للغدة النخامية في الحفاظ على مستويات البروتينات في البلازما على حساب تحلل الدهون

وفي دراسة مشابهة لدراستنا على الخيول الرياضية ولكن تم استخدام الفيتامينات فقط، وجد الباحث أن لهذه المغذيات دوراً حيوياً في الحفاظ على مستويات البروتين في مصل الدم وفسر ذلك من خلال الدور الحيوي الذي تلعبه الفيتامينات في تنظيم مستويات هرمونات غدد الإفراز الداخلي والتي تكون غير مستقرة بسبب السباق (White et al., 2001).

يمكن تلخيص التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية الحاصلة في الارتفاع والانخفاض لقيم البروتين وذلك بعد دراسة للنتائج وللابحاث المشابهة بشكل عميق ومكثف يمكن أن نستنتج: بأن الارتفاع في تركيز البروتين الكلي والألبومين كان طفيفاً لأن البروتين لا يُعتبر مصدراً للطاقة في سباقات السرعة وبالتالي لا يمكن أن يكون لاستقلاب البروتين أثناء السباق دوراً في ذلك الارتفاع، ويُرجح التغيرات الحاصلة أثناء السباق في توزع الماء والشوارد والذي أدى إلى تغيير حجم البلازما الطفيف، وتنفق فيه مع تسيرات الباحثين الواردة أعلاه، حيث لاحظت بعد السباق أن مربّي الخيل بدأ فوراً في مسح العرق وترطيب الجلد الخارجي للخيل بالماء، حيث أثبتت الدراسات أن لذلك دوراً كبيراً في إعادة توزيع ماء الجسم والحفاظ على توازن الشوارد وبالتالي الحفاظ على مستوى البلازما ضمن الحد الطبيعي، وبالرغم من ذلك كانت درجة حرارة الجسم مرتفعة بعد السباق. في حين يمكن أن يُعزى تفسير عودة تراكيز البروتين إلى قيم ما قبل السباق بشكل تقريبي إلى سببين: الأول فعالية المستحضر والدور الوقائي له في الحفاظ على حجم البلازما والشوارد الذي ساهم في استتباب تركيز البروتين الكلي والألبومين إما من خلال التأثير على حجم البلازما أو من خلال التأثير على الهرمونات النشطة أثناء السباق، والثاني الاستجابات التكيفية للخيل المستخدمة في الدراسة حيث أثبتت الدراسات أن التكيفات الفيزيولوجية تلعب دوراً كبيراً في استتباب تلك التراكيز بعد بضع ساعات من السباق، إلا أنه لا يمكن الجزم بذلك كون الدراسات أثبتت دوراً الخلاصات والفيتامينات في تحسين الاستجابات الفيزيولوجية والوصول لحالة التكيف الفيزيولوجي.

#### ٣,٤ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستوى تركيز الكرياتينين في مجموعات خيول التجربة:

بلغ متوسط تركيز الكرياتينين في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $1.56 \pm 0.28$ ) ملغ/دل وجاء هذا متوافقاً مع (Hodgson et al. 2014; National Research Council 2017)، حيثُ يختلفُ تركيز الكرياتينين في مصل الدم باختلاف عدد من العوامل أهمها: التغذية، وقت الاعتيان (سحب العينة الدموية)، الفصل من السنة، نظام التدريب المطبق وغيرها، ولكن بشكل عام تبلغ النسبة الطبيعية لتركيز الكرياتينين في مصل الدم عند الخيول الرياضية (100-160)  $\mu\text{mol/L}$  أي ما يقارب (1.1-1.8) ملغ/دل (Hodgson et al. 2014)، حيث جاءت نتائج الدراسة ضمن المدى الطبيعي لمعدل تركيز الكرياتينين في الكتب المرجعية.

وبينتُ نتائج البحث وجود فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلتُ بحدوث ارتفاع معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسط تركيز الكرياتينين في المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 بعد السباق وذلك عند مقارنتهما مع مجموعة الشاهد الطبيعي G1، وجاءت هذه النتائج متوافقة مع العديد من الأبحاث والدراسات التجريبية والسريية (Bos et al., 20018; Piccione et al., 2005; Passantino et al., 2005; Piccione et al., 2008).

يمكنُ تفسير ارتفاع تركيز الكرياتينين بفهم آلية توافره الكيميائي واستقلابه، حيثُ يعتبرُ الكرياتينين من أهم المؤشرات التقليدية لوظائف الكلى، باعتباره المشتق الطبيعي للكرياتين الناتج بشكل مباشر ودوري بتحفيز غير إنزيمي أو من الفوسفوكرياتين في العضلات تحت تأثير انزيم الكرياتين كيناز (Galen et al., 2022). فسرتُ الأبحاث التجريبية والسريية الأولى ارتفاع الكرياتينين بانخفاض معدل الترشيح الكبيبي للكرياتينين أثناء السباق (Keenan., 1979)، وفيما بعد تمَّ تفسير ارتفاع الكرياتينين بإصابة العضلات العاملة أثناء السباق (Lucke & Hall., 1983)، ومع تطور العلوم ووسائل البحث تمَّ تطوير التقاسير السابقة وظهور مصطلحات ومؤشرات تشخيصية جديدة دقيقة جداً تدلُّ على وظائف الكلى وتميُّز بين الحالة المرضية والاستجابات الفيزيولوجية أثناء السباق (Schott & Esser., 2020)، حيثُ عزتُ الأبحاث الحديثة ارتفاع الكرياتينين عند خيول السباق لعدة عوامل يأتي في مقدمتها عوامل ما قبل كلوية (Prerenal Factors) والمتمثلة بارتفاع طفيف في تركيز البروتين الكلي وزيادة تركيز الدم (Hemoconcentration) وانخفاض حجم المصورة الدموية (Galen et al., 2022).

توافقتُ نتائج البحث مع الباحث (Passantino et al., 2005) الذي أشارَ إلى أنَّ ارتفاع تركيز الكرياتينين يُعزى إلى فقدان السوائل على نطاق واسع في عملية التعرق وانخفاض تدفق الدم الكلوي، حيثُ بلغَ تدفق الدم إلى الكلية عند الخيول أثناء السباق 20% فقط من حجم الدم عند الخيول التي تم قياس حجم الدم الكلوي فيها في حالة السكون (Schott & Esser., 2020) وكذلك توافقتُ نتائج الدراسة مع الباحث (Piccione et al., 2009) الذي عزى زيادة تركيز الكرياتينين بعد السباق إلى الاستجابات الفيزيولوجية للجهاز الهيكلي المتمثل بالعضلات وذلك نتيجة الزيادة الكبيرة في معدل تحويل الكرياتين والفوسفوكريتين إلى طاقة ATP اللازمة لعمل العضلات أثناء السباق مما يؤدي إلى زيادة تركيز الكرياتينين كنتاج استقلابي في مصل الدم بحيث توافق قس التفسير مع الباحث (Hodgson et al. 2014).

كما أظهرتُ نتائج الدراسة الحالية وجود فروقات معنوية ( $P \leq 0.05$ ) تمثلتُ بحدوث انخفاض معنوي ( $P \leq 0.05$ ) في تركيز الكرياتينين في المجموعتين: الثالثة G3 والخامسة G5 التي حققتنا بالمستحضر وذلك عند مقارنتهما مع المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 على التوالي.

يمكنُ تفسير ذلك من خلال النكيفات الفيزيولوجية لخيول التجربة ودور مكمل إينرجي فورت حيث أن الخلاصات النباتية الموجودة في المكمل تحوي على العديد من المواد الفعالة التي لها دوراً مساعداً في تنظيم تركيز الكرياتينين من خلال خاصية

حماية الكلى (Nephroprotective)، حيث أثبتت الدراسات قدرة الجينسغ على تنظيم وظائف الكلى من خلال خفض تركيز الكرياتينين واليوريا وتعود تلك الخاصية إلى الجينسينوسيدات من نوع (RK1-RG3-RG5) والمنحلة في المستخلصات المائية (Choi et al., 2016) ، وكذلك الأملج حيثُ بينتُ الدراسات قدرة الخلاصة المائية على تنظيم وظائف الكلى، وأثبتتُ التجارب المخبرية أنّ المستخلص المائي أدى إلى انخفاض معنوي ( $P < 0.005$ ) في مستوى الكرياتينين واليوريا عند الحيوانات المخبرية التي تعاني من أمراض كلوية (Ogunmoyole et al., 2020)، ويعودُ ذلك إلى المركبات الأملجية (Phenylpropanoids) التي تم عزلها ودراستها بدقة من قِبل الباحث (Nisar et al., 2019) والذي أشارَ أيضاً إلى قدرتها على حماية الكلى والكبد، وكذلك القسط الهندي حيثُ أثبتتُ الدراسات المخبرية قدرته حماية الكلى من الأضرار على خفض الكرياتينين حيثُ عزتُ الأبحاث تلك الخاصية إلى مركبي (costunolide and dehydrocostus lactone) واللاتي لها خواص دوائية عديدة (Pandey et al., 2017)، وكذلك بذور الخردل والكرفس التي لها أيضاً دوراً في حماية الكلى حيثُ أشارتُ الدراسات على قدرة المستخلص المائي للكرفس على خفض الكرياتينين (Kooti et al., 2015) وربما تعودُ تلك الخاصية في بذور الخردل إلى التربينات Terpenoid (Yane et al., 2021). في حين أشارتُ العديد من الدراسات إلى أنّ تآزرَ المواد الفعالة في النباتات الطبية واشترائها بخاصية واحدة يمكنُ أن يعطي نتائج إيجابية في حماية الأعضاء من العوامل الممرضة، ومما لا شك فيه أنّ أغلب النباتات تشترك بخواص متعددة يمكنُ أن تحسّن من وظائف الأعضاء في الجسم وتعملُ على تحسين ما يليها من الاستجابات والعمليات الفيزيولوجية المعقدة التي تتم سواءً على مستوى الخلية أو العضو أو بالمشاركة مع الأعضاء الأخرى لتشمل الأجهزة.

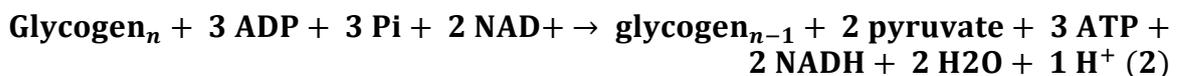
وقد أظهرتُ دراسة حديثة للباحث (Nerli et al., 2023) والذي أشارَ إلى أنّ الخواص المضادة للأكسدة في العسل لها دوراً في حماية الكلى وتنظيم وظائفها، في حين أكدَ الباحث (Abd El-Aziz et al., 2023) إلى أنّ العسلَ المحمل على زيت الزيتون له القدرة على تنظيم وظائف الكلى المتمثلة في الحفاظ على تركيز اليوريا والكرياتينين ضمن الحدود الطبيعية.

### ٣,٥ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستوى تركيز اللاكتات في مجموعات خيول التجربة:

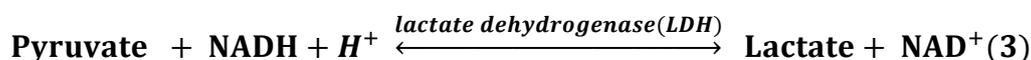
بلغ متوسط تركيز اللاكتات في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 (1.51±0.21) mmol/l وجاء هذا متوافقاً مع (Hodgson et al. 2014; National Research Council 2017)، حيث يختلف تركيز اللاكتات في مصل الدم باختلاف عدد من العوامل أهمها: التكيف الفيزيولوجي، التغذية، وقت الاعتيان (سحب العينة الدموية)، الفصل من السنة، نظام التدريب المطبق، كثافة الجهد البدني ومدّة النشاط الرياضي وغيرها، ولكن بشكل عام تبلغ القيمة الطبيعية لتركيز اللاكتات في مصل الدم عند الخيول الرياضية (1.8-0.7) mmol/L، حيث جاءت نتائج الدراسة ضمن المدى الطبيعي لمعدل تركيز اللاكتات في الكتب المرجعية (Hodgson et al. 2014; Hinchcliff., 2014).

وبينت نتائج البحث وجود فروقات معنوية جداً ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلت بحدوث ارتفاع معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسط تركيز اللاكتات في المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 بعد السباق وذلك عند مقارنتهما مع مجموعة الشاهد الطبيعي G1، وجاءت هذه النتائج متوافقة مع العديد من الأبحاث والدراسات التجريبية والسريية (Tavanaeimanesh et al., 2022; Muñoz et al., 2022; Witkowska-Piłaszewicz et al., 2021; Tavanaeimanesh et al., 2022).

يُعزى الارتفاع في مستوى اللاكتات إلى الاستجابات الفيزيولوجية لمتطلبات إمدادات الطاقة (ATP) اللازمة للتقلص العضلي أثناء الأنشطة الرياضية عالية الشدة مثل السباق، وأن التفسير الدقيق يكمن في العديد من تفسيرات العلماء في مجال فيزيولوجيا التمرين والاستقلاب، حيث أن ارتفاع مستوى اللاكتات أثناء السباق يعود إلى التحول المعقد والمُنسق والمُتزامن في أنظمة الطاقة عند الخيول من نظام الفوسفاجين للطاقة Phosphagen Energy System والبدء في الاعتماد على نظام الغليكوجين-حمض اللاكتيك Glycogen-Lactic Acid Systems (Hall & Hal., 2020; Hodgson et al., 2014). حيث تبدأ الخيول في تحرير الطاقة (ATP) اللازمة لعمل العضلات من خلال الاعتماد على الفسفرة اللاهوائية، وتتميز هذه المرحلة ببيوكيميائياً بتحلل السكر اللاهوائي Glycolysis سواءً من الغليكوجين المخزن في العضلات أو الجلوكوز الواصل عن طريق الدورة الدموية، وينشط هذا النظام عندما لا يتم استيفاء إعادة تخليق ATP بواسطة نظام الفوسفاجين الذي يتضمن تفاعلات الفوسفوكرياتين أو الميوكيناز (Hodgson et al., 2014; Rivero and Piercy., 2008)، حيث أنه أثناء السباق يجب أن تظل الإمدادات السريعة من ATP متاحة للتقلص العضلي، وينتج عن كل جزيئة جلوكوز أو غليكوجين جزيئتان من البيروفات وفق التفاعلات (2-1):



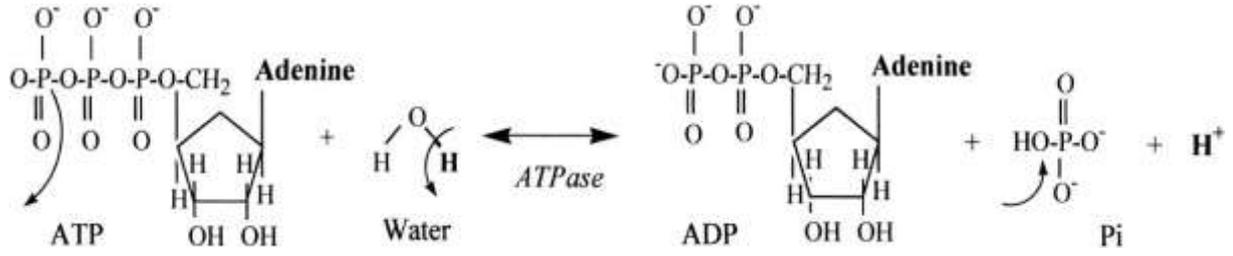
وهنا يقبل البيروفات (pyruvate) أيونات الهيدروجين من (NADH) ويتم تحويله إلى لاكتات (Lactate) تحت تأثير أنزيم اللاكتات ديهيدروجيناز (Lactate Dehydrogenase (LDH)، بدلاً من تحويله إلى أسيتيل مرافق الأنزيم . أ (acetyl-Co-) والدخول في دورة كريبس أو الأحماض ثلاثية الكربوكسيل (Krebs or tricarboxylic acid) لعدم توافر الأوكسجين. ولهذا يتحول معظم غليكوجين العضل إلى اللاكتات حيث تنتج الكميات اللازمة للتقلص العضلي من ATP بغياب تام للأوكسجين وذلك وفق التفاعل التالي (3):



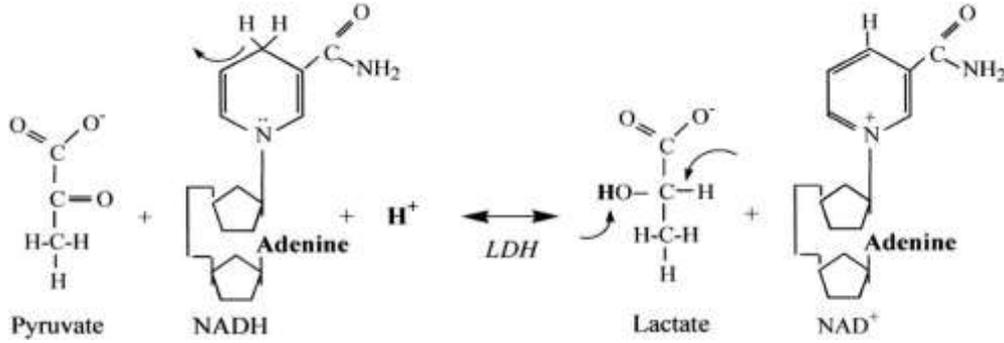
منذ اكتشاف أن التحلل السكري اللاهوائي ينتج اللاكتات من قبل العالمين مايرهوف وهيل (Meyerhof, 1920; Hill, 1914) وحيازتهما على جائزة نوبل لذلك الاكتشاف ساد الاعتقاد لثمانية قرون بأن البيروفات يتحول إلى حمض اللاكتيك وهو السبب الرئيس للتعب العضلي والحمض الذي يؤثر بشكل سلبي على التقلص العضلي (Robergs et al., 2004)، فيما بعد تبين أن غرض مايرهوف من الاكتشاف هو أن الغليكوجين مقدمة اللاكتات في ظل الظروف اللاهوائية (Brooks et al., 2022)، ونشأ عن ذلك جدل علمي إلى الآن فيما إذا كان البيروفات يتحول إلى حمض اللاكتيك أو اللاكتات؟ وهل اللاكتات أو حمض اللاكتيك هما سبب التعب العضلي؟ وما هو مصدر البروتونات والأيونات الناتجة؟ وما هو سبب حدوث الحمض بعد التمارين عالية الشدة؟

للإجابة عن هذه الأسئلة وحدث من خلال البحث العميق والمكثف رأيان متناقضين تماماً لعلماء الفيزيولوجيا و كليهما يقدم الأدلة العلمية الدامغة وينقض الرأي الآخر. الرأي الأول (قديم- سائد في كتب وأبحاث فيزيولوجيا التمرين عند الخيول) يعتقد أن البيروفات يتحول إلى حمض اللاكتيك و ثم نتيجة لتراكم حمض اللاكتيك يتأين إلى لاكتات و يطلق أيونات الهيدروجين والبروتونات التي تعمل على حدوث الحمض وتسبب التعب العضلي حيث يُفسر أصحاب الرأي الأول تطور الحمض أثناء التمرين المكثف بزيادة إنتاج حمض اللاكتيك في ظل الظروف اللاهوائية فقط، مما يتسبب في إطلاق بروتون وتكوين ملح حمض لاكتات الصوديوم وعلى أساس هذا التفسير، إذا كان معدل إنتاج اللاكتات مرتفعاً بدرجة كافية، فيمكن تجاوز سعة الدواري للبروتون الخلوي، مما يؤدي إلى انخفاض درجة الحموضة الخلوية. وقد سُميت هذه الأحداث البيوكيميائية بالحمض اللبني. حيث كان الحمض اللبني في التمرين هو التفسير الكلاسيكي للكيمياء الحيوية للحمض لأكثر من 80 عاماً. وقد أدى هذا الاعتقاد إلى تفسير أن إنتاج اللاكتات يسبب الحمض، وبالتالي فإن زيادة إنتاج اللاكتات هو أحد أهم الأسباب العديدة لتعب العضلات أثناء التمرين المكثف (Hall & Hal., 2020; Hodgson et al., 2014; Hinchcliff., 2014).

أما الرأي الثاني (حديث- ناشئ) يُعتقد أن البيروفات يتحول إلى لاكتات والذي ينتقل مع الأيونات والبروتونات بواسطة ناقلات أحادية الكربوكسيل (Monocarboxylate Transporter (MCTs) من خلية إلى أخرى ويتأكسد وينتج عنه طاقة ATP ويتم توزيع اللاكتات بعيداً عن الخلية الأصلية حيث يمكن استخدامها كركيزة لعملية الاستقلاب في الأنسجة الأخرى (Brooks et al., 2022)، مثل خلايا العضلات الأخرى (الهيكليّة والقلبية) والكبد والكلية (Robergs et al., 2004; Gladden., 2004) ونظراً لأن ناقلات أحادية الكربوكسيل هي أيضاً رموز لإزالة البروتونات من الخلية، فإن إنتاج اللاكتات يوفر أيضاً وسيلة للمساعدة في تدفق البروتون من الخلية وهكذا يترك اللاكتات والبروتون الخلية متكافئاً عبر آلية النقل هذه ومع ذلك، هذا لا يعني أن إنتاج اللاكتات هو مصدر البروتون كما تم تقديمه حتى الآن في الرأي الأول، حيث لا يوجد دليل كيميائي حيوي على إنتاج اللاكتات هو الذي يطلق بروتوناً، والأدلة البحثية واضحة في تحديد كمية أكبر بكثير من إزالة البروتون مقارنة بإزالة اللاكتات من العضلات الهيكلية المنقبضة (Brooks et al., 2023; Gladden., 2008). على العكس من ذلك، تكشف الكيمياء العضوية لتفاعل (LDH) بوضوح أن إنتاج اللاكتات يستهلك الأيونات والبروتونات (Robergs et al., 2004). والتفسير الفيزيولوجي الصحيح حسب اعتقادهم لهذه الحقائق البيوكيميائية هو أن إنتاج اللاكتات يُؤخر تطور الحمض، وكذلك يساعده في إزالة البروتون من الخلية (Ferguson et al., 2018). أما عن مصدر الأيونات والبروتونات فهي ناتجة عن تفاعل التحلل المائي لـ ATP عند كل رأس ميوسين والذي يسمى ATP Hydrolysis أثناء النشاط العضلي المكثف والذي يُشار إليه بالتفاعل التالي:



حيثُ يعتقدُ أنَّ أيونات الهيدروجين والفوسفات اللاعضوية والحامضية والبروتونات الناتجة عن هذا التفاعل هي السببُ الرئيسُ للحماض وحدث التعبِ العضلي (Robergs et al., 2004). في حين يعتقدُ بعض الباحثين أنَّ مصدرَ الأيونات ناتج من  $NADH + H^+$  حيث يمكن أن تنشأ وتتراكم أيونات  $H^+$  من تراكم  $NADH + H^+$  الناتج عن تفاعل glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase. وستزدادُ هذه المنتجات خلال أي حالة خلوية تسببت في زيادة معدل تدفق الركيزة من خلال تحلل السكر عن معدل امتصاص الإلكترون والبروتون بواسطة الميتوكوندريا، أو إنتاج اللاكتات (Robergs et al., 2004; Gladden., 2004) وذلك وفق التفاعل التالي:



في حين يُعارضُ الباحثُ بروكس مؤسس نظرية مكوك اللاكتات (Brooks., 2002) الرأي الأول ويصفُ اللاكتات من خلال عمله البحثي المطول بأنه مصدرٌ رئيسي للطاقة، وإحدى السلائف الرئيسية لتكوين الغلوكوز، وجزء الإشارة Signaling Molecule وأن ل اللاكتات دوراً في توصيل الركائز المؤكسدة والغلوكوجينية وكذلك في إشارات الخلية. ويشيرُ إلى أنه لا يزالُ من غير المؤكد ما إذا كان تحلل السكر يُنتجُ اللاكتات أو حمض اللاكتيك، ومن المؤكد أن الحمض يحدثُ في التمارين الرياضية عالية الشدة ولكن آلية حدوثه تُحيطُ بها العديدُ من التساؤلات والذي سيؤدي حتماً إلى التعبِ العضلي ولكن اللاكتات غير متورطٍ في ذلك (Brooks., 2018)، ويتفقُ مع أصحاب الرأي الثاني ولكن بشكل جزئي ويختلفُ معهم في مصدر البروتونات والأيونات والإلكترونات ويشيرُ إلى أنها ناتجة عن تفاعلات تحلل السكر بالمُجمل ولا يعتقدُ أن التحلل المائي ل ATP هو مصدرها فقط (Brooks et al., 2023; Brooks., 2022; Brooks., 2018).

كما أظهرت نتائج الدراسة الحالية وجود فروقاتٍ معنوية ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلتُ بحدوثِ انخفاضٍ معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسط تركيز اللاكتات في المجموعتين: الثالثة G3 والخامسة G5 التي حُقنتا بالمستحضرِ وذلك عندَ مُقارنتهما مع المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 على التوالي.

قد يُعزى ذلك الانخفاض المعنوي إلى التكيفات الفيزيولوجية للخيول بالإضافة إلى دور الجواهر الفعالة للخلاصات النباتية في مُكملٍ إنرجي فورت حيث تشتركُ الخلاصة النباتية الموجودة في المكمل بخاصية مضادات الأكسدة التي لها دوراً كبيراً في كسح الجذور الحرة المتولدة من السباق والتي لها دوراً في حدوثِ التعبِ العضلي، والتي يتمتعُ بها نبات القولنجان حيثُ أثبتت الدراسات قدرة المستخلص المائي على تحقيق الاستتباب الفيزيولوجي لجميع الأعضاء وخفض تركيز اللاكتات وتعود تلك الخاصية إلى المركبات الفينولية وأهمها Diarylheptanoids (Abubakar et al., 2018; Pillai et al., 2018)، وكذلك

القسط الهندي له دوراً في تخفيف الألم الناتج عن تراكم اللاكتات من خلال تثبيط بعض المراكز في الجهاز العصبي المركزي (Pandey et al., 2007) وكذلك الأملج حيث أثبتت الدراسات قدرة الخُلصة المائية على حماية الجسم من الأضرار الاستقلابية وخفض تركيز اللاكتات والوقاية من الحمض الاستقلابي وتعود تلك الخاصية إلى التانينات أو العفصيات وعديدات الفينول (Yan et al., 2022) وكذلك أثبتت الدراسات أن الجينسينغ مضادٌ للتعب العضلي (Kim et al., 2022; Lu et al., 2021) ويعمل على تعزيز توليد الطاقة من المسارات الهوائية (الأكسدة الهوائية) وبالتالي خفض مستويات اللاكتات وتلك الخاصية تعود إلى الجينسينوسيدات من نوع (Ro-rich CMG) (Ma et al., 2017).

في حين أشارت العديد من الدراسات إلى أن تآزر المواد الفعالة في النباتات الطبية واشتراؤها بخاصية واحدة يُمكن أن تُعطي نتائج إيجابية في حماية الأعضاء من العوامل الممرضة، ومما لا شك فيه أن أغلب النباتات تشترك بخواص متعددة يمكن أن تُحسن من وظائف الأعضاء في الجسم وتعمل على تحسين ما يليها من الاستجابات والعمليات الفيزيولوجية المعقدة التي تتم سواءً على مستوى الخلية أو العضو أو بالمشاركة مع الأعضاء الأخرى لتشمل الأجهزة (Sellami et al., 2018).

أو قد يعود ذلك الانخفاض المعنوي إلى الجواهر الفعالة في العسل حيث كشفت الدراسات التي أجريت في الجسم الحي أن العسل قادرٌ على تحفيز نظام الدفاع المضاد للأكسدة في الأنسجة والأعضاء (أي البنكرياس والدم والكلى والكبد) من خلال تعزيز أنشطة إنزيمات مضادات الأكسدة الخلوية، مثل سوبر أوكسيد ديسموتاز (SOD)، الكاتلاز (CAT)، والغلوتاثيون بيروكسيداز، والجلوتاثيون S-ترانسفيراز، وعن طريق زيادة مستويات الجلوتاثيون المختزل (Terzo et al. 2020) وبالتالي خفض مستوى اللاكتات في مصل الدم كما بينت نتائج تجارب الباحث (Łagowska et al. 2017). وأن المكونات الرئيسية للعسل المسؤولة عن الخصائص المضادة للأكسدة هي البوليفينول (الأحماض الفينولية والفلافونويد) وفيتامين C وفيتامين E والإنزيمات (مثل الكاتلاز والبيروكسيداز) والعناصر النادرة (Dzuga et al., 2018).

لذلك، فإن تناول العسل بمفرده أو مع الخلاصات الطبية أو على شكل مكملات أو مُستحضرات قد يكون مفيداً في معالجة الأمراض والاضطرابات الفيزيولوجية المرتبطة عادةً بالإجهاد التأكسدي والتي تنشط وتتراكم بشكل كبير أثناء وبعد السباق (Terzo et al. 2020; Hills et al., 2019).

وقد يكون لمجموعة فيتامين B دوراً في خفض تركيز اللاكتات حيث من المعلوم دورها في تنظيم الاستقلاب المولد للطاقة، وبشكل عام أثبتت مراجعةً علميةً للباحث (Tardy et al., 2020) أن لمجموعة فيتامين B دوراً في كسح الجذور الحرة المُتولدة أثناء السباق و تخفيف التعب العضلي وتحسين الاستجابات الفيزيولوجية وزيادة قوة العضلات من خلال الاستقلاب المتكامل للطاقة وأشار الباحث إلى أن هناك مُبرر فيزيولوجي قوي يُشير إلى أن المشاركة المعروفة منذ فترةٍ طويلةٍ للفيتامينات والمعادن في إنتاج الطاقة الخلوية تُترجم إلى نتائج وظيفية وفيزيولوجية، بما في ذلك التعب العضلي والعقلي وكذلك الوظائف النفسية والمعرفية وفي الواقع، الأعضاء الداعمة لهذه الوظائف هي العضلات الهيكلية والدماغ، وهي أكثر الأجهزة تطلباً للطاقة بالإضافة إلى ذلك، تعتبر الفيتامينات والمعادن، وخاصة مجموعة فيتامينات B، إلزامية لاستخراج هذه الطاقة من العليقة وتقديمها في صورة قابلة للاستخدام من الناحية الفيزيولوجية علاوةً على ذلك، ونظراً لوجود تفاعل وثيق بين مجموعة فيتامين B عبر الخطوات المتعاقبة لإنتاج الطاقة، يجب أن يكون كلاً منهم متاحاً في وقت واحدٍ لأن النظام بأكمله قد يتباطأ بسبب نقص في واحد منهم في حين أن هذا الدور في إنتاج الطاقة مُحوري فيما يتعلق بدور التعب إلى جانب توليد الطاقة (Tardy et al., 2020).

## ٣,٦ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستوى تركيزات أنزيمات مصل العضلات (اللاكتات ديهيدروجيناز - الكرياتين كيناز - ناقلة أمين الأسبارتات - ناقلة أمين الألانين) في مجموعات خيول التجربة:

بلغ متوسط تراكيز أنزيمات مصل العضلات اللاكتات ديهيدروجيناز، الكرياتين كيناز، ناقلة أمين الأسبارتات، وناقلة أمين الألانين في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 ( $223.6 \pm 12.5$ ) ( $162.16 \pm 15.6$ ) ( $248.6 \pm 20.6$ ) ( $14.6 \pm 1.27$ ) IU/L على التوالي وجاء هذا متوافقاً مع (Hodgson et al. 2014; National Research Council 2017)، حيث تختلف تركيزات أنزيمات مصل العضلات في مصل الدم باختلاف عدد من العوامل أهمها: العمر، الجنس، السلالة، التكيف الفيزيولوجي، الكتلة العضلية، وقت الاعتيان (سحب العينة الدموية)، الفصل من السنة (الحالة المناخية)، نظام التدريب المطبق، وغيرها، ولكن بشكل عام تبلغ النسبة الطبيعية لتركيز اللاكتات ديهيدروجيناز، الكرياتين كيناز، ناقلة أمين الأسبارتات، وناقلة أمين الألانين في مصل الدم عند الخيول الرياضية (أقل من 250) (300-100) (400-150) (19-12) IU/L على التوالي حيث جاءت نتائج الدراسة ضمن المدى الطبيعي لمعدل تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز، الكرياتين كيناز، ناقلة أمين الأسبارتات، وناقلة أمين الألانين (Hodgson et al. 2014).

وبينت نتائج البحث وجود فروقات معنوية ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلت بحدوث ارتفاع معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسط تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز، الكرياتين كيناز، ناقلة أمين الأسبارتات، وناقلة أمين الألانين في المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 بعد السباق وذلك عند مقارنتهما مع مجموعة الشاهد الطبيعي G1، وجاءت هذه النتائج متوافقة بشكل عام مع العديد من الأبحاث والدراسات التجريبية والسريية (Arfuso et al., 2022; Buckley et al., 2022; Mami et al., 2019; Octura et al., 2018; Freestone et al., 2017; Assenza et al., 2017; Buzala et al., 2015; Mack et al., 2014).

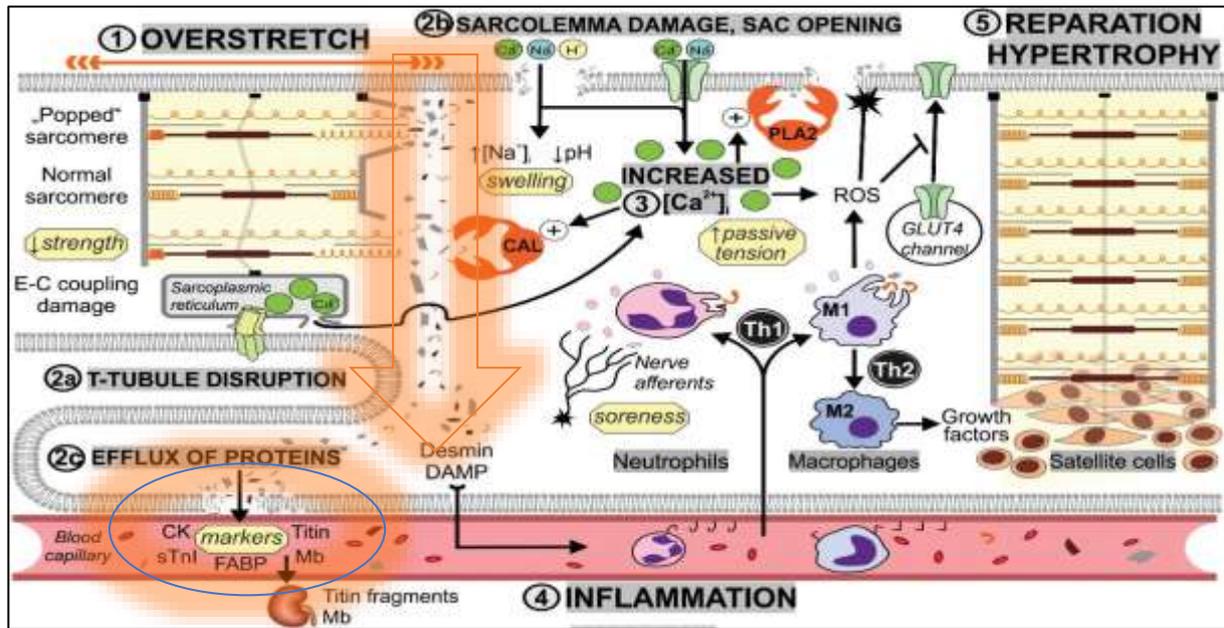
يُعزى الارتفاع في مستوى أنزيمات المصل اللاكتات ديهيدروجيناز (LDH)، الكرياتين كيناز (CK)، ناقلة أمين الأسبارتات (AST)، وناقلة أمين الألانين (ALT) إلى العديد من الآليات الفيزيولوجية المعقدة والمترتبة مع آليات بيوكيميائية والتي تتم سواءً على صعيد الخلية العضلية أو النسيج أو العضلات والناجمة عموماً عن الاستجابات الفيزيولوجية لمتطلبات السباق، حيث فسّر بعض الباحثين ارتفاع المستويات المصلية لأنزيمات العضلات **Serum Muscle Enzyme** بشكل عام إلى الجهد العضلي المكثف، وبشكل فيزيولوجي دقيق يمكن أن تعود تلك الارتفاعات إلى فقدان و / أو التعديلات في غشاء الألياف العضلية مع زيادة النفاذية الغشائية العابرة أو المؤقتة مما يؤدي إلى تسرب إنزيمات العضلات من خلايا العضلات إلى الدورة الدموية (Mami et al., 2019; Arfuso et al., 2022)، وقد ثبت في الأبحاث أن إنزيمات العضلات تزداد بعد السباق مباشرة وتستمر لعدة أيام، وخاصة أنزيم (AST) بسبب نصف العمر الحيوي الطويل، ومع ذلك، فإنها تظل ضمن النطاق الفيزيولوجي المرجعي، وعموماً هناك زيادة بنسبة 50% في المستويات المصلية لأنزيمات العضلات بعد الجهد العضلي المكثف (Arfuso et al., 2022; Buckley et al., 2022; Mami et al., 2019). وتُعزى الزيادة في النسبة المئوية لمستويات الأنزيمات جزئياً إلى انخفاض بنسبة (10-20)% في حجم البلازما (Snow & Harris., 1988) ويُعزى الانخفاض في حجم البلازما إلى عملية التعرق والنتيجة عن ارتفاع درجة الحرارة وذلك بسبب الجهد العضلي المكثف الذي يتطلب الإنتاج الفائق للطاقة (ATP) في الخلايا العضلية نتيجة لمتطلبات السباق (Mack et al., 2014). في حين كان تفسير الباحثين القدماء هو أن أنشطة إنزيمات المصل زادت أثناء وبعد السباق والتمرين بسبب نقص الأكسجة (Anoxic or Hypoxic) في العضلات، لا سيما في غمد الليف العضلي (Gardner et al. 1964). حيث كان من المعتاد سابقاً أن الزيادة في نشاط إنزيمات المصل مع ممارسة الرياضة هي جزء من درجة الضرر الناجم عن نقص الأكسجة (Vejjajiva & Teasdale., 1965) وهو اعتقاد قديم لم تثبت صحته.

في حين فسّر الباحثون بشكل عام الارتفاعات في المستويات المصلية لأنزيمات العضلات بأنها ناتجة عن ضررٍ عضلي يؤدي إلى تسرب الأنزيمات إلى الدورة الدموية، لكن هذا الضرر أطلق عليه بعض الباحثين التلف العضلي وباحثين آخرين الأذية العضلية وقد لاحظت اختلاف في تسمية الضرر العضلي الناتج لكن المصطلح العلمي للضرر العضلي في آخر الأبحاث عند خيول السرعة هو التلف العضلي (Mami et al., 2019) وأتفق معه كون الأذية العضلية لها مدلولات علمية في علم الأمراض تدل على الوصول إلى التتسكس ومن ثم التتركز وثم موت الخلية الذي لا رجعة فيه، في حين أن التلف العضلي يمثل المرحلة التي يتم الشفاء منها.

أفاد بعض الباحثين أنه على الرغم من الاعتقاد بأن الزيادات في المستويات المصلية لأنزيمات العضل والمرتبطة إما بالضرر الصريح أو بالتغير في سلامة غشاء ألياف العضلات مما يؤدي إلى زيادة عابرة في النفوذ الغشائية (Buckley et al., 2019; Mami et al., 2022) إلا أنه يجب التمييز بين التغيرات المرضية والفيزيولوجية، حيث أثبتت الأبحاث والدراسات حدوث ارتفاعات فيزيولوجية للأنزيمات العضلية بعد السباق والتدريب والتدريب دون أي تدمير لا رجعة فيه للأنسجة (Franciscato et al., 2006; Mami et al., 2019)، أي أن الضرر العضلي عكوس إذا ما تمّ تشخيصه بشكل تفريقي عن الارتفاعات المرضية بعد السباق، حيث يعتمد مدى هذه الارتفاعات على طبيعة السباق وعوامل أخرى. لذلك، لكي تكون أنشطة الإنزيمات العضلية ذات أهمية مرضية يجب أن تكون أكبر من تلك المتوقعة من طبيعة التمرين ولياقة الحصان (Hodgson et al., 2014). وفي المقابل يثبت بعض الأبحاث أن الفترة بعد السباق أو فترة الراحة والاستشفاء هي مرحلة هامة وخطيرة حيث يمكن أن تؤدي الزيادات في أنشطة إنزيمات عضلات المصل إلى حدوث تغيرات مرضية تتمثل بحدوث الأذية العضلية وغيرها من الأمراض الأخرى كانهلال الريبيدات الجهدية (Rhabdomyolysis) وخروج الحصان من الموسم وفقدان لياقته البدنية وكل ذلك في حال عدم الاهتمام بالحصان وتعويضه بالمكملات والعليقة المناسبة في مرحلة الاستشفاء أي مرحلة ما بعد السباق (Williams and Lamprecht., 2008; Ducharme et al., 2009; Mactaggart et al., 2021).

قد تتضرر أنسجة العضلات بعد السباق وفي الأنشطة الرياضية عالية الشدة مثل سباقات السرعة وكذلك في التدريب والتمرين نتيجة لعدة عوامل أهمها عوامل استقلابية وعوامل ميكانيكية والإجهاد التأكسدي، وأن مستويات المصل من إنزيمات أو بروتينات العضلات الهيكلية هي أهم المؤشرات والعلامات التي تدل على الحالة الفيزيولوجية والوظيفية للأنسجة العضلية، وتختلف تلك المستويات على نطاق واسع في كل من الظروف المرضية والفيزيولوجية. حيث تُعتبر الإنزيمات: الكرياتين كيناز، اللاكتات ديهيدروجينيز، الألدولاز، الميوغلوبين، التروبونين، الأسبارتات أمينوترانسفيراز، والكربونيك أنهيدراز CAIII من العلامات أو المؤشرات في المصل الأكثر دقة التي تدل على ضرر أو تلف العضلات وكذلك الحالة الفيزيولوجية (Billings et al., 2021; Mami et al., 2019; Hodgson et al. 2014)، وكذلك يمكن استخدام حالة مضادات الأوكسدة الكلية لتقييم مستوى الإجهاد والتعب ودرجة التلف العضلي حيث أثبتت الدراسات أنه عند زيادة الجهد البدني في الأنشطة الرياضية عالية الشدة يزداد نشاط الجذور الحرة التي تؤدي إلى الإجهاد التأكسدي والذي يقود بدوره إلى تلفٍ وضررٍ في العضلات بشكلٍ مؤازرٍ للعوامل الاستقلابية والميكانيكية والذي يمكن قياسه من خلال علامات أو مؤشرات: مثل المواد المتفاعلة لحمض الثيوباربيتوريك (Thiobarbituric Acid (TBA)، مالونديالدهيد (MDA) Malondialdehyde، مجموعات السلفهيدريل Sulfhydryl Group، الجلوتاثيون المختزل Reduced L-Glutathione (GSH)، الجلوتاثيون المؤكسد L-Glutathione oxidized، ديسموتاز الفائق Superoxide Dismutases (SODs)، الكاتالاز Catalase وغيرها. ومن هنا نوصي بأنه نظراً لأن العلامات أو المؤشرات المختلفة توفر صورة مركبة لحالة العضلات الفيزيولوجية والوظيفية، فإننا نوصي باستخدام أكثر من مؤشر لتقديم تقدير أفضل لإجهاد وتعب وتلف العضلات.

ولكن لا يمكننا أن نضع حلاً لهذه المشكلة المحتملة بعد السباق أو نقيم هذا الحل بدون أن نفهم الاستجابات الفيزيولوجية التي تؤدي إلى تلف أو ضرر العضلات حيث أن الآلية الخلوية لتلف العضلات قد تنجم عن ضرر مباشر وغير مباشر للغشاء العضلي، وقد يؤدي إلى تسرب مكونات العضلات داخل الخلايا إلى السائل خارج الخلية ومنها إلى الدورة الدموية. يتمثل الضرر المباشر بإصابات السحق التي تحدث نتيجة تعثر الخيول، والإصابات الرضية نتيجة الارتطام والاحتدام وتوصف بالضربات المباشرة ولكن بشكل عام تمثل التمارين البدنية الشاقة الأسباب الأكثر شيوعاً لتلف العضلات في حين يتمثل الضرر غير المباشر بسلسلة من الأحداث المتعاقبة والمتسارعة (Hodgson et al. 2014): (1) نتيجة زيادة الجهد العضلي في السباق يؤدي ذلك إلى زيادة توتر العضلات العاملة ويؤدي إلى إطالة بعض القسيمات العضلية Sarcomeres الضعيفة والتي لم يتم تحفيز وحدتها الحركية لأنها تتجاوز تداخلها العضلي. وتكون هذه القسيمات العضلية غير قادرة على إنتاج توتر نشط، مما يؤدي إلى فقدان مباشر للقوة. حيث تؤدي زيادة التوتر الخارجي إلى ظهور قسيمات عضلية أقوى وأقل وثقل كاهل الهياكل العضلية الأخرى تدريجياً. مما يؤدي إلى تمزق القسيمات العضلية بدءاً من الخط Z وبمجرد تعطل واحد أو أكثر من القسيمات العضلية، قد ينتشر الضرر طويلاً إلى القسيمات العضلية المجاورة في اللييف العضلي وعبارة عن اللييفات العضلية المجاورة. والوصول إلى نقطة تؤدي فيها التشوهات الهيكلية الناتجة عن وجود القسيمات العضلية المعطلة والمجهدة إلى تلف الغشاء العضلي (2a) ومن ثم أولاً، يحدث اضطراباً في نظام غشاء الأنابيب التائية T-Tubule Membrane System. ويساهم الخلل الوظيفي في فشل اقتران الإثارة والتقلص (ECC) في فقدان القوة بشكل أكبر ويؤدي تلف غشاء الشبكة الساركوبلازمية SR إلى إطلاق شوارد  $Ca^{+2}$  غير المنضبط، مما يزيد من توتر العضلات السليبي. (2b) ويؤدي فتح القنوات المفغلة بالتمدد Stretch-Activated Channels (SAC) وتلف غمد أو غشاء اللييف العضلي إلى اضطراب تراكيز شوارد الصوديوم  $Na^{+}$  والكالسيوم  $Ca^{+2}$ ، وانخفاض PH. (2c) تتدفق بروتينات العضلات داخل الخلايا العضلية إلى المصل والتي يمكن استخدامها كواسمات للتعبير عن حالة العضلات الفيزيولوجية (AST-CK-LDH-ALT) (3) زيادة شوارد  $Ca^{+2}$  يساهم في الإصابة الخلوية عن طريق تنشيط إنزيم بروتياز كالباين Calpain Protease (CAL) الذي يقطع البروتينات المرتبطة بالقرص Z وينشط الفوسفوليبياز PLA2، مما يعزز المزيد من تلف غمد اللييف العضلي. يؤدي ارتفاع شوارد الكالسيوم أيضاً إلى زيادة تركيز  $Ca^{+2}$  في الميتوكوندريا، مما يعزز إنتاج الجذور الحرة ROS وزيادة الإجهاد التأكسدي ويحفز التعب العضلي. (4) تؤدي منتجات تلف العضلات وهي عبارة عن بروتينات مثل Damage-Associated Molecular Pattern (DAMP) والديسمين Desmin إلى حدوث استجابة التهابية حيث تمثل هذه المرحلة المفتاح أو الحل لعملية استشفاء العضلات والذي سيذكر لاحقاً. يمكن ملاحظة جميع التغيرات الموصوفة في الشكل التخطيطي رقم (15) وكل ذلك حسب (Billings et al., 2021; Stožer et al., 2020; Brancaccio et al., 2010).



الشكل رقم (15): الآلية الخلوية لحدوث التلف العضلي الناجم عن ممارسة التمارين الرياضية (Stožer et al., 2020)

من خلال البحث في الدراسات وجدَّ أنَّه من الصعب تحديد تأثير السباق والتمريبات والتدريب على الاستجابات الفيزيولوجية لنشاط إنزيمات مصل عضلات بشكلٍ مطلقٍ من حيث الاتفاق والاختلاف مع الدراسة الحالية. حيثُ نتفق مع النتائج في الأبحاث بشكل جزئي بسبب الاختلافات في البروتوكولات المستخدمة في الدراسات المختلفة مثل الاختلافات في السباق وشكل المسار أو المضمار وجدول التمرين ومدة السباق وكثافته، ومستوى اللياقة البدنية الفردية للخيول أثناء الدراسة، وفترة الدراسة. ولكن بشكل عام، وجدت أن في غالبية الدراسات حصلت لدى الخيول زيادةً طفيفةً إلى متوسطةً في إنزيمات العضلات أثناء السباق والتمرين. تتضمن هذه الدراسات بروتوكولات ذات كثافة دون الحد الأقصى أو تمرين قصير المدة ذات كثافة عالية (Buzala et al., 2015; Mack et al., 2014). وفي بعض الدراسات التي أظهرت نتائجها زيادات كبيرة في نشاط إنزيم العضلات، عزيت هذه الزيادات إلى إصابة العضلات. على سبيل المثال، في إحدى الدراسات، أُصيب ثلاثة خيولٍ بإصابةٍ في عضلات الألية وأربعة أصيبوا بتلفٍ عضلي صنف على أنه تلف عضلي تحت الإكلينيكي. (Buckley et al., 2022; Mami et al., 2019; Octura et al., 2018; Freestone et al., 2017).

كما أظهرت نتائج الدراسة الحالية وجود فروقاتٍ معنوية ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلت بحدوث انخفاضٍ معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسط تراكيز اللاكتات ديهيدروجيناز، الكرياتين كيناز، ناقلة أمين الأسبارتات، وناقلة أمين الألانين في المجموعتين: الثالثة G3 والخامسة G5 التي حُقنتا بالمستحضر وذلك عند مقارنتهما مع المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 على التوالي.

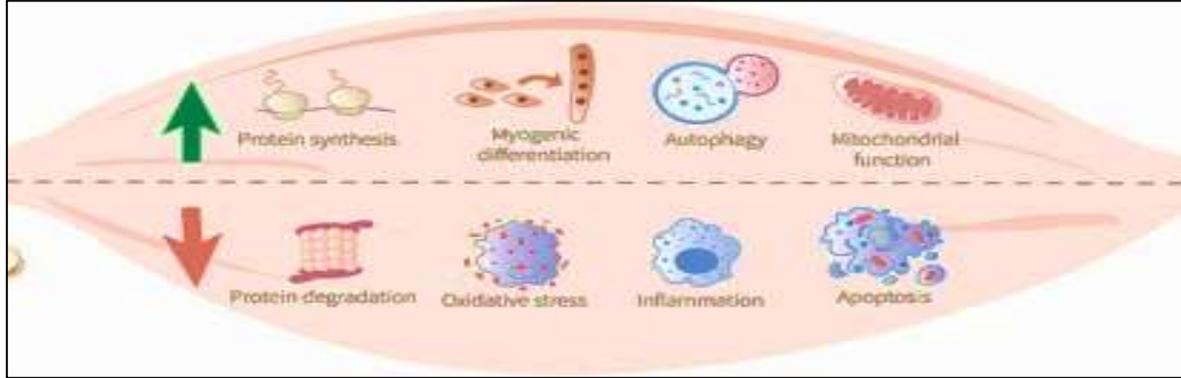
يعدُّ تلف العضلات الناجم عن التمرين والسباق والذي يؤدي إلى ارتفاع إنزيمات المصل (AST-ALT-CK-LDH) من عمليات الاستجابات والتكيفات الفيزيولوجية العضلية التي تحدث بعد التدريب على التمرين، حيث تؤدي التمارين الرياضية المجهدة إلى تلفٍ دقيقٍ جداً للألياف العضلية وزيادة الإجهاد التأكسدي. وبالتالي، غالباً ما يتم الشعور بالتعب العضلي المتمثل بألم العضلات وفقدان الوظيفة العضلية أثناء السباق وفي مرحلة التعافي بعد التمرين التدريبي على السباق (Lina et al., 2022). وفي المقابل يحدث إصلاح العضلات وتنظيم مستويات إنزيمات المصل إما عن طريق الوقاية من الإجهاد التأكسدي وذلك بتثبيت الجذور الحرة المتولدة أثناء السباق والتدريب بالمؤازرة مع تنظيم النشاط الالتهابي وتنشيط الخلايا الجذعية العضلية (الخلايا الساتلة) لإصلاح الخلايا وتجديدها داخل ألياف العضلات المصابة (Hyldahl et al., 2017).

وهذا ما أشرت إليه بأنه الحل أو الوقاية لمشكلة التلف العضلي المتمثل بارتفاع أنزيمات المصل والمشار له في الشكل رقم (15). في حين قد يعتمد الإصلاح الكامل للعضلات على الراحة والمكملات الغذائية والعلاج الطبيعي لفترات أطول. حيث تحفز التمارين الرياضية المسببة لحدوث التلف العضلي في الخيول الرياضية المحترفة إلى ارتفاعات في أنزيمات العضلات الخفيف أو المتوسط ويؤثر على وظيفة العضلات وقد تستمر من 2 إلى 3 أيام بعد التمرين أو السباق. في المقابل، قد تُعاني الخيول غير المدربة بشكل جيد أو الخاضعة لتدريبات غير مناسبة مع مسار السباق من التعب الشديد وفقدان وظيفة العضلات والخروج من الموسم الرياضي بسبب تلف العضلات الإكلينيكي؛ علاوة على ذلك تحتاج تلك الخيول إلى مرحلة شفاء أطول قد تصل لشهور في مثل هذه الحالات لإصلاح العضلات بالكامل (Peake et al., 2017 Bontemps et al., 2020).

وإنَّ الانخفاض المعنوي في متوسط تراكيز اللاكتات ديهيدروجيناز، الكرياتين كيناز، ناقلة أمين الأسبارتات، وناقلة أمين الألانين بعد السباق بعد حقن مكمل إنرجي فورت قبل وبعد السباق قد يُعزى إلى التكيفات الفيزيولوجية للخيول بالإضافة إلى الجواهر الفعالة في المكمل حيث تشترك الخلاصة النباتية الموجودة في المكمل بخاصية مضادات الأكسدة التي لها دوراً كبيراً في كسح الجذور الحرة المُتولدة من السباق والتي لها دوراً في حدوث التعب العضلي والتلف العضلي وكذلك خاصية مضادات الالتهاب التي تعمل على تنظيم العمليات الالتهابية، والتي يتمتع بها: نبات القولنجان حيث أثبتت الدراسات قدرة المستخلص المائي على تحقيق الاستتباب الفيزيولوجي لجميع الأعضاء وخفض تركيز اللاكتات ديهيدروجيناز، الكرياتين كيناز، ناقلة أمين الأسبارتات، وناقلة أمين الألانين وتعود تلك الخاصية إلى المركبات الفينولية وأهمها (Abubakar) Diarylheptanoids (et al., 2018; Pillai et al., 2018) وكذلك القسط الهندي له دوراً في تخفيف الألم الناتج عن التلف العضلي من خلال تثبيط بعض المراكز في الجهاز العصبي المركزي وتنظيم التكيفات الالتهابية وذلك من خلال خواصه المضادة للالتهاب (Pandey et al., 2017) وكذلك الأملج حيث أثبتت الدراسات قدرة الخلاصة المائية (Saini et al., 2022) على حماية الجسم من الأضرار الاستقلابية الناتجة عن الجذور الحرة بفضل الخواص المضادة للأكسدة التي يتمتع بها النبات وكذلك تنظيم العمليات الالتهابية وبالتالي خفض تركيز أنزيمات المصل وتعود تلك الخاصيات إلى التانينات أو العفصيات وعديدات الفينول (Yan et al., 2022)، وكذلك أثبتت الدراسات أنَّ الجنسينغ مضادٌ للتعب العضلي (Lu et al., 2021) وثبت أيضاً أنَّ مُستخلصات الجنسينغ تحافظ على وظيفة العضلات وتُعزز إصلاح العضلات ونموها في دراسات متعددة، حيث أشارت الدراسات إلى أنه يمكن أن يؤدي إعطاء مستخلصات الجنسينغ قبل التمرين والسباق إلى التخفيف من إصابة العضلات التي تسببها التمارين والحفاظ على تركيز انزيمات مصل العضلات ضمن الحدود الطبيعية وتحسين القدرة على التحمل وتعافي العضلات عن طريق تقليل بيروكسيد الدهون وتعزيز التكيف الالتهابي (Lin et al., 2015).

في حين أشارت العديد من الدراسات إلى أنَّ تآزر المواد الفعالة في النباتات الطبية واشترائها بخاصية واحدة والتي عادةً تكون في مكمل واحد يُمكن أن تُعطي نتائج إيجابية في حماية الأعضاء من العوامل المرضية، ومما لا شك فيه أنَّ أغلب النباتات تشترك بخواص متعددة يمكن أن تُحسن من وظائف الأعضاء في الجسم وتعمل على تحسين ما يليها من الاستجابات والعمليات الفيزيولوجية المعقدة التي تتم سواءً على مستوى الخلية أو العضو أو بالمشاركة مع الأعضاء الأخرى لتشمل الأجهزة (Sellami et al., 2018). في حين أوضح الباحث (Zha et al., 2022) إلى أن الآلية المحتملة لعمل المكملات التي تحوي على خلاصة الجنسينغ وبعض الخلاصات للنباتات الطبية الأخرى كما مشار إليه في الشكل رقم (16) ربما تتم من خلال زيادة معدل إنتاج الأحماض الأمينية والبروتينات وزيادة إصلاح وتمايز وتركيب الألياف العضلية المتضررة وزيادة معدل استشفاء الخلايا العضلية بالإضافة إلى ذلك زيادة كفاءة المتقدرات بالمقابل تعمل الجواهر الفعالة في تلك الخلاصات على تثبيط هدم البروتينات من العضلات الهيكلية و تثبيط تولد الجذور الحرة الناتجة سواءً عن العمليات الاستقلابية أو

الميكانيكية وتنظيم العمليات الالتهابية الناتجة عن تخرب غشاء الألياف العضلية لإصلاح الضرر العضلي الناجم في الإصابات تحت الإكلينيكية وتنظيم موت الخلايا المبرمج في الضرر العضلي الإكلينيكي.



**الشكل رقم (16): يبين الآلية المحتملة لعمل المكملات الحاوية على الخلاصات النباتية**  
(Zha et al., 2022)

أو قد يعود ذلك الانخفاض المعنوي إلى الجواهر الفعالة في العسل حيث كشفت الدراسات التي أجريت في الجسم الحي أن العسل قادر على تحفيز نظام الدفاع المضاد للأكسدة في الأنسجة والأعضاء من خلال تعزيز أنشطة إنزيمات مضادات الأكسدة الخلوية، مثل سوبر أوكسيد ديسموتاز (SOD)، الكاتالاز (CAT)، والغلوتاثيون بيروكسيداز، والجلوتاثيون S-ترانسفيراز، وعن طريق زيادة مستويات الغلوتاثيون المختزل (Terzo et al. 2020) وبالتالي خفض مستوى (-AST-ALT CK-LDH) في مصل الدم كما بينت نتائج تجارب الباحث (Łagowska et al. 2017). وأن المكونات الرئيسية للعسل المسؤولة عن الخصائص المضادة للأكسدة هي البوليفينول (الأحماض الفينولية والفلافونويد) وفيتامين C وفيتامين E والإنزيمات (مثل الكاتالاز والبيروكسيداز) والعناصر النادرة (Dzuga et al., 2018). بالإضافة إلى ذلك النشاط المضاد للالتهاب Anti-Inflammatory Activity حيث استعرض الباحث (Silva et al. 2021) في مراجعة علمية لـ 138 بحث سريري خصائص جميع الفلافونيدات المضادة للالتهاب الموجودة في العسل بعد عزلها وإجراء التجارب المخبرية على كل فلافونيد ليبين دورها في تثبيط السيتوكينات والكيموكينات المسؤولة عن الالتهاب، وأفاد بأنه على الرغم من أن الفلافونيدات هي مركبات ثانوية في العسل إلا أن تأثيرها المضاد للالتهاب قوي بالمقارنة مع المركبات الطبيعية الأخرى حيث أثبتت تلك الدراسات قدرة العسل على تنظيم تركيز أنزيمات مصل العضلات بعد التمرينات الرياضية المكثفة وذلك لامتلاكه خاصيتين من أهم الخواص الموجودة في النباتات إلا وهي مضاد للأكسدة ومضاد للالتهاب. لذلك، فإن تناول العسل بمفرده أو مع الخلاصات الطبية أو على شكل مكملات أو مستحضرات قد يكون مفيداً في معالجة الأمراض والاضطرابات الفيزيولوجية المرتبطة عادةً بالإجهاد العضلي والتأكسدي في السباق (Terzo et al. 2020; Hills et al., 2019).

وقد يكون لمجموعة فيتامين B دوراً في خفض تراكيز اللاكتات ديهيدروجيناز، الكرياتين كيناز، ناقلة أمين الأسبارتات، وناقلة أمين الألانين حيث من المعلوم دورها في تنظيم الاستقلاب المولد للطاقة، وبشكل عام أثبتت مراجعة علمية للباحث (Tardy et al., 2020) أن لمجموعة فيتامين B دوراً في تحطيم الجذور الحرة المتولدة أثناء السباق وتخفيف التعب العضلي وتحسين الاستجابات الفيزيولوجية وزيادة قوة العضلات من خلال الاستقلاب المتكامل للطاقة.

أخيراً قد يكون لمكملات مضادات الأكسدة والالتهاب المستخلصة من النباتات الطبية دوراً محورياً في تحسين قدرة نظام الدفاع المضاد للأكسدة بعد التدريب والتمرين والسباق عند الخيول الرياضية (Warren., 2017; Cecchini et al., 2014). من ناحية أخرى، فقد ثبت أن التمارين بذاتها تُعزّز تكيفات العضلات المتنوعة. ومع ذلك، أشارت دراسة حيوانية مخبرية أن

التمارين غير المركزية المزمّنة عززت إنزيمات مضادات الأكسدة الذاتية ووظيفة الميتوكوندريا ولكنها لم تقلل من الإجهاد التأكسدي الكلي، أي أن التمارين التي تفتقدُ خاصيات الجدوى من البرنامج التدريبي لا تُعزّزُ بشكلٍ كاملٍ نظام الدفاع المضاد للأكسدة. وبالتالي، فإنّ الاستخدامَ المُناسبُ للمواد المضادة للالتهابات ومضادات الأكسدة سيساهمُ في تحسينِ الشفاءِ أثناء وبعد التمرين والتدريبِ والسباقِ المُسببِ لتلفِ العضلات. وعلى الرغم من أن هذه الدراسة قيمت تأثير مُكملٍ إنرجي فورت في الاستجابات الفيزيولوجية المُتمثلة في تغيرات إنزيمات مصل العضلات والأداء البدني والوظيفة العضلية ولكنها لم تقيم تأثير المكمل على صعيد التغيرات المجهريّة في غشاء الخلايا العضلية من خلال الخزعات العضلية، إلا أنّ نتائجنا قدّمَت دليلاً جزئياً على أنّ استعمالَ مُكملٍ إنرجي فورت بعد نوبة تمرين قصيرة المدى (سباق سرعة 1600) قد تخفّف من الضررِ العضلي من خلال خفض تركيز أنزيمات مصل العضلات (AST-ALT-CK-LDH).

### ٣,٧ مناقشة نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تراكيز الشوارد (الصوديوم-الكالسيوم) في مجموعات خيول التجربة:

بلغ متوسط تركيز الصوديوم والكالسيوم في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 (138.1±2.1) mEq/I (11.7±0.5) غ/دل على التوالي وجاء هذا متوافقاً مع (Hodgson et al. 2014; National Research Council 2017)، حيث يختلف تركيز الصوديوم والكالسيوم في مصل الدم باختلاف عدد من العوامل أهمها: التغذية، وقت الاعتيان (سحب العينة الدموية)، الفصل من السنة، نظام التدريب المطبق وغيرها، ولكن بشكل عام تبلغ النسبة الطبيعية لتركيز الصوديوم والكالسيوم في مصل الدم عند الخيول الرياضية mEq/I (7-5) و (3.5-2.6) غ/دل على التوالي (Hodgson et al. 2014)، حيث جاءت نتائج الدراسة ضمن المدى الطبيعي لمعدل تركيز الصوديوم والكالسيوم في الكتب المرجعية.

وبينت نتائج البحث وجود فروقات معنوية ( $P \leq 0.05$ ) تمثلت بحدوث ارتفاع معنوي ( $P \leq 0.05$ ) في متوسط تركيز الصوديوم وانخفاض معنوي ( $P \leq 0.05$ ) في متوسط تركيز الكالسيوم في المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 بعد السباق وذلك عند مقارنتهما مع مجموعة الشاهد الطبيعي G1، وجاءت هذه النتائج متوافقة مع العديد من الأبحاث والدراسات التجريبية والسريية (Cohen et al., 2003 Assenza et al., 20014; Walker & Collins., 2017).

يُعزى ارتفاع الصوديوم إلى الاستجابات الفيزيولوجية لنظام الرينين-أنجيوتنسين-ألدوستيرون (RAAS) بعد انخفاض حجم البلازما وحدوث ارتفاع طفيف في تركيز البروتين والألبومين في مصل الدم (Hyypä., 2005)، حيث تسبب التمارين عالية الشدة انخفاضاً في تدفق الدم الكلوي وارتفاعاً في تركيز البوتاسيوم في البلازما، مما يؤدي إلى زيادة إفراز الرينين من الجهاز المجاور للكبيبات (Juxtaglomerular Apparatus) في الكلى والذي ينتقل إلى الكبد، حيث يعمل هذا الهرمون على الأنجيوتنسينوجين (Angiotensinogen) الغير فعال والجائل في الدم، والذي يحوله إلى أنجيوتنسين 1 (Angiotensin I) والذي ينتقل إلى الرئتين ويتحول تحت تأثير أنزيم محول الأنجيوتنسين (ACE) إلى أنجيوتنسين 2 (Angiotensin II) (الهرمون الفعال) والذي يعمل على تضيق الأوعية الدموية (Vosso Contraction) ورفع ضغط الدم، وكذلك يحفز أنجيوتنسين 2 إنتاج الألدوستيرون (Aldosterone)، من القشرانيات المعدنية الرئيسية (Mineralocorticoid) من قشرة الغدة الكظرية، والذي يمارس تأثيره من خلال ارتباطه على مستقبلاته في الجزء الأخير من النفرونات الكلوية (Distal conflated tube)، حيث يؤدي إلى إعادة امتصاص الصوديوم إلى مجرى الدم مما يؤدي إلى زيادة تركيزه مع إطراح البوتاسيوم مع البول أو العرق (Muñoz et al., 2010).

اتفقت نتائج الدراسة مع نتائج الباحث (Bos et al., 2018) في انخفاض تركيز الكالسيوم والذي استمر حتى ثلاثة أيام، ويمكن أن يكون ذلك عائداً إلى عدة أسباب يأتي في مقدمتها: ١- ارتفاع هرمون جارات الدرقية (Parathyroid Gland) وهو الباراثورمون (Parathormone) والناجم عن تحفيز الكاتيكولامينات، حيث أثبتت الدراسات أنه أثناء الأنشطة الرياضية عالية الشدة أي سباقات السرعة يرتفع هرمون الباراثورمون بشكل يوازي انخفاض الكالسيوم (Hypocalcaemia) في الدم (Vervuert et al., 2006)، ٢- وقد تكون العوامل التي تساهم في نقص كالسيوم الدم هي ارتباط الكالسيوم المتأين بالأيونات العضوية مثل اللاكتات أو الأيونات غير العضوية مثل الفوسفور، حيث أثبتت الدراسات إلى أن ارتفاع اللاكتات و شوارد الهيدروجين و والفوسفات اللاعضوي تحث على خفض شوار الكالسيوم في الدم نتيجة ارتباط تلك الشوارد مع الكالسيوم في الأحياز الخلوية (Peoples., 1998) ٣- وهناك عامل مهم آخر لنقص كالسيوم الدم الناجم عن التمرين حيث يمكن أن يكون التدفق داخل الخلايا لـ Ca المتأين في العضلات العاملة لاستعادة تركيز الكالسيوم داخل الشبكة الساركوبلازمية (Hodgson et al. 2014).

كما أظهرت نتائج الدراسة الحالية وجود فروقاتٍ معنوية ( $P \leq 0.0001$ ) تمثلت بحدوث انخفاضٍ معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في متوسط تركيز الصوديوم وارتفاع معنوي ( $P \leq 0.0001$ ) في تركيز الكالسيوم في المجموعتين: الثالثة G3 والخامسة G5 التي حُققتا بالمستحضر وذلك عند مقارنتهما مع المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 على التوالي.

يمكن أن يفسر ذلك من خلال التكيفات الفيزيولوجية للخيول بالإضافة إلى الجواهر الفعالة في المُكمل حيث تحتوي الخلاصة النباتية الموجودة في المُكمل على العديد من الشوارد والتي تعملُ ضبطاً تراكيز الكالسيوم والصوديوم عند الخيول، وأثبتت الدراسات أن نبات الجينسينغ يحوي على الشكل الفعال لفيتامين د وأن آلية عمل هذا الفيتامين يتم من خلال ضبط هرمون (PTH) المنتج بشكل طبيعي للحفاظ على شوارد الكالسيوم ضمن النطاق الطبيعي (Valdés-González et al., 2023)، في حين أكدت العديد من الدراسات أن الخلاصات النباتية الموجودة في المُكمل تشترك في الخاصية المدرة للبول والتي تعملُ على ضبط تركيز الصوديوم ضمن الحدود الفيزيولوجية الطبيعية، حيثُ تتمتع الخلاصة المائية للجينسينغ بتلك الخاصية وتعملُ على تنظيم شوارد الكالسيوم والصوديوم وضغط الدم بعد الجهد البدني وحدث التعب (Hyun et al., 2022)، وكذلك الأملج (Niazi et al., 2020)، والقسط الهندي (Abouelwafa et al., 2023)، والقولنجان (Javaid et al., 2021)، وبذور الخردل والكرفس (Shankar et al., 2019).

أو قد يكون احتواء النباتات والعسل في المستحضر على العناصر المعدنية سبباً في إعادة استتباب الكالسيوم والصوديوم حيثُ أثبتت دراسةً لتأثير مُكمل غذائي غني بشوارد الكالسيوم والفوسفور محمل على العسل قدرته على إعادة استتباب شوارد الكالسيوم بعد العديد من الأنشطة البدنية (Vervuert et al., 2006).

في حين أثبت الباحث (Psara et al., 2020) في مراجعة نقدية أنه يمكن لمجموعة فيتامين B أن تلعب دوراً كبيراً في تنظيم شوارد الصوديوم من خلال تأثيرها على نظام الرينين أنجيوتنسين-الألدوستيرون (RAAS) وذلك من خلال كبح نشاط الأنزيم المحول للأنجيوتنسين ومن ثم تثبيط إطلاق الألدوستيرون وبالتالي منع إعادة امتصاص الصوديوم، وأضاف بأنه من خلال تلك الآلية يمكن لمجموعة فيتامين B ضبط تركيز الصوديوم من خلال طرحه مع البول وبالتالي يمكن أن تلعب مجموعة فيتامين B دوراً تنظيم تركيز شوارد الصوديوم وضغط الدم.

## ٤-١ مناقشة ارتباط الغلوكوز - اللاكتات في التعب العضلي:

في الوسط العلمي هناك تضارب في الآراء حول ارتباط ارتفاع تركيز كلٍّ من الغلوكوز واللاكتات في حدوث التعب العضلي بعد الأنشطة الرياضية عالية الشدة وآلية حدوث التكيف الفيزيولوجي. بعض الباحثين أشار بأن ارتفاع الغلوكوز مقدماً للتعب العضلي وأسند فرضه بحدوث ارتفاع اللاكتات كمنتج نهائي للمسار اللاهوائي و فقط في حال عدم وجود الأوكسجين وذلك من أجل الحاجة المستمرة لإنتاج الطاقة أثناء النقل العضلي وبالرغم من أنهما ركيزتان ومُستقلبان لإنتاج الطاقة في نفس المسار ولكن مع الإنتاج المستمر لأيون اللاكتات سيكون هناك ضرراً واضح ومعقد للآلية الفيزيولوجية للنقل العضلي الناتج عن التبدلات الهرمونية لإنتاج الطاقة و حدوث الحمض وبالتالي تباطؤ في السرعة و حدوث التعب، في حين يعتقد بعض الباحثين أن ارتفاع غلوكوز الدم عبارة عن استجابة فيزيولوجية مرتبطة بدرجة النشاط الودي والمرتبطة أساساً بكثافة التمرين وأن اللاكتات سينتج إما من الغلوكوز في الدم أو من الغليكوجين العضلي سواء في الظروف الهوائية أو اللاهوائية. لكن الرأي الأرجح والمتوافق مع هذه الدراسة هو أن الغلوكوز واللاكتات يزداد مستواه مع ازدياد التعب العضلي كما تبين في المجموعتين (G4-G2) بعد السباق، بينما ينخفض مستواه مع إراحة الخيول أو إعطاء بعض المكملات والخلصات النباتية المساعدة على عودة الاستتباب في الوظائف الفيزيولوجية وهذا ما لاحظناه في المجموعتين (G5-G3) اللتين أعطيتا مستحضر إنرجي فورت قبل وبعد السباق.

## ٤-٢ مناقشة ارتباط عدد الكريات الحمر - خضاب الدم في التعب العضلي:

بينت العديد من الدراسات ارتباط المؤشرات الدموية المتمثلة بعدد الكريات الحمر وتركيز خضاب الدم والهيماتوكريت بالتعب العضلي عند الخيول الرياضية بعد العديد من المنافسات الرياضية، ويأتي في مقدمة تلك المنافسات سباقات السرعة، حيث كما ذكرنا سابقاً أن السبب الرئيس لذلك هو انقباض الطحال نتيجة لمتطلبات السباق والذي يؤدي غالباً إلى ارتفاعات في المؤشرات الدموية ونشوء اضطرابات مرضية لاحقة تتمثل بزيادة لزوجة الدم و حدوث الانحلال الدموي الفيزيولوجي وزيادة هشاشة الكريات الحمر وكذلك وتراكم الجذور الحرة، وهذا ما أكدته دراستنا الحالية حيث ارتفع عدد الكريات الحمر وتركيز خضاب الدم بعد السباق في المجموعتين (G4-G2) وتم تأكيد حدوث التعب من خلال دراسة المؤشرات البيوكيميائية الأخرى وربطه مع المؤشرات الدموية.

وتوافقنا مع الباحث (Pakula et al., 2023) الذي أكد على أن استخدام المكملات لتجنب تلك الأمراض والاضطرابات والوقاية منها أمر بالغ الأهمية وذلك لما تمتلكه تلك المكملات من مواد طبيعية مضادة للأكسدة والالتهاب والتي تعمل على كسح الجذور الحرة وزيادة القوة العضلية وتحسين الاستجابات الفيزيولوجية ومرحلة الاستشفاء العضلي، وهذا ما لاحظناه في المجموعتين (G5-G3) اللتين أعطيتا مستحضر إنرجي فورت قبل وبعد السباق.

### ٣-٤ مناقشة ارتباط ناقله الأمين أسبارتات – والكرياتين كايناز في التعب العضلي:

أشار معظم الباحثين إلى أن الإنزيمات الأكثر شيوعاً المستخدمة للإشارة إلى تلف العضلات هي الأسبارتات أمين ترانسفيراز (AST) والكرياتين كيناز (CK) وذلك كونهما يمثلان الصورة الأولى والعميقة لحالة العضلات الوظيفية والفيزيولوجية وهناك اتفاق على أن التمرينات الرياضية عالية الشدة تعمل على تنشيط الجذور الحرة من خلال عوامل استقلابية وكذلك تشير فرضية الآلية الخلوية لحدوث التلف العضلي إلى تنشيط تلك الجذور بالكالسيوم غير المنضبط الناتج عن تخرب الشبكة الساركوبلازمية وتخرّب نظام الأنايبب التائية واضطرابات مضخات الصوديوم والكالسيوم والناجم أصلاً عن تلف غشاء الخلايا العضلية نتيجة لعوامل ميكانيكية مما يُعزّز الإجهاد التأكسدي والذي هو واحدٌ من أهم الأسباب التي تؤدي إلى التعب العضلي. ولكن بالمقابل هناك اختلافٌ في آلية حدوث تلف غشاء الغمد العضلي ومدى تضرر ذلك الغشاء فبعض الباحثين أشار إلى أنه على الرغم من الارتفاعات الكبيرة في تركيز أنزيمات المصل (AST-CK) إلا أنه هي زيادة فيزيولوجية تتمثل باستجابات فيزيولوجية مُعدّدة ومرتبطة بمتطلبات السباق وماهي إلا عبارة عن اضطراب عابر في نفوذية غشاء الخلايا العضلية ولا يمثل هذا الاضطراب تلف الخلايا العضلية الإكلينيكي وفي المقابل أشار بعض الباحثين (Buckley et al., 1975; Anderson 1975; Boyd 1985; Harris et al., 1990; Mami et al., 2019; 2022) إلى أن ذلك الارتفاع في مستويات أنزيمات المصل تمثل تلف عضلياً واضحاً وصریحاً ولكن تمّ تصنيف الضرر إلى تلف عضلي إكلينيكي وتحت إكلينيكي وذلك بالاعتماد على عدة عوامل تتعلق بطبيعية النشاط الرياضي و الحمل التدريبي وكثافة ومدة النشاط الرياضي. وإن اكتشاف تهيج العضلات المُتعبَة يزداد في نفس الوقت الذي يزداد فيه نشاط إنزيمات المصل يدعم هذا المفهوم القائل بأن نفاذية الغشاء المُتغيرة موجودة في العضلات المُرهقة ويرتبط بتسرب الإنزيمات إلى الدم مما يعني ارتباط تام بين التعب العضلي والتلف العضلي والمُتمثل بالإنزيمات العضلية (AST-CK) التي تدل على تلف العضلات تحت الإكلينيكي.

وبعد دراسة وتحليل ارتباط نتائج البحث لا يمكن الجزم بأن هناك أذية عضلية صريحة بالرغم من بعض النتائج الفردية المُرتفعة لأنزيمات المصل داخل خيول المجموعات والتي يمكن تفسيرها باستعدادات فردية أو التعافي من فترة سباق أو تدريب سابقة ولكن تتفق نتائج البحث مع الدراسات بحدوث تلف عضلي عكوس (تحت إكلينيكي) أي أنه لم يصل لمرحلة الأذية العضلية التي لا عودة فيها والتي تؤدي إلى أفات وأمراض عضلية خطيرة، وأرجح بالاستناد إلى نتائج هذه الدراسة إلى أن ناقله الأمين أسبارتات – والكرياتين كايناز يزداد مستواها مع ازدياد التعب العضلي كما تبين في المجموعتين (G2-G4) بعد السباق، بينما ينخفض مستواها مع إراحة الخيول أو إعطاء بعض المُكملات والخلاصات النباتية المساعدة على عودة الاستتباب في الوظائف الفيزيولوجية كما في المجموعتين (G3-G5) اللتين أُعطينا مُكمل إنرجي فورتي قبل وبعد السباق.

ختاماً تعتبر الخيول العربية الأصيلة من الحيوانات الرائعة، حيث تتمتع بالرشاقة والقدرة على السرعة والتحمل. وتساهم النسبة العالية من وزن القلب إلى وزن الجسم، والناتج القلبي الكبير الخاص بالكتلة، والقدرة الكبيرة على نقل الأكسجين الناتج عن إطلاق كريات الدم الحمراء الطحالية أثناء السباقات، في قدرة الخيول الرياضية على الجري بسرعات تصل إلى 10 إلى 12 متر/ ثانية للمسافات الطويلة وتصل إلى سرعات قصوى من 17.5 إلى 18 م / ث في سباقات السرعة. وقد يكون هذا البحث أدى إلى فهم إحدى القيود المفروضة على أداء الخيول في سباقات السرعة، وكذلك قد يكون مُكمل إنرجي فورتي ساهم في إحداث التعديلات الممكنة لتلك القيود، وبالرغم من ذلك مازلنا بحاجة لمزيد من الدراسات المُعمقة لفهم آلية عمل المُكملات والخلاصات النباتية عند الخيول الرياضية.

الفصل السادس

CHAPTER SIX

الاستنتاجات والتوصيات

CONCLUSIONS & RECOMMENDATIONS

## ١. الاستنتاجات Conclusions:

- ❖ من خلال دراسة الاستجابات الفيزيولوجية تبين أنّ سباق 1600 متر يؤدي إلى **تغيرات دموية** تمثلت بحدوث ارتفاع مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر والنسبة المئوية للهيماتوكريت في الدم لدى المجموعات التي لم تعط مُكمل إنرجي فورت.
- ❖ من خلال دراسة الاستجابات الفيزيولوجية تبين أنّ سباق 1600 متر يؤدي إلى **تغيرات بيوكيميائية** تمثلت بحدوث ارتفاع مستوى تركيز الجلوكوز والدهون والبروتينات واللاكتات والكرياتينين والكرياتين كايناز واللاكتات ديهيدوجيناز وناقلة أمين الأسبارتات وناقلة أمين الألائين وشوارد الصوديوم والكالسيوم في مصل الدم لدى المجموعات التي لم تعط مُكمل إنرجي فورت.
- ❖ من خلال دراسة الاستجابات الفيزيولوجية تبين أنّ سباق 1600 متر يؤدي إلى **تغيرات سريرية** تمثلت بحدوث ارتفاع درجة حرارة الجسم ومعدل النبض والتنفس ومستوى الضغط الشرياني لدى المجموعات التي لم تعط مُكمل إنرجي فورت.
- ❖ يمكن استخدام مؤشر **اللاكتات-غلوكوز** عند دراسة الاستجابات الفيزيولوجية في السباق عند الخيول الرياضية للدلالة على مستوى التعب واللياقة البدنية الفردية عند الخيول.
- ❖ يمكن استخدام مؤشر **خضاب الدم-عدد الكريات الحمر** عند دراسة الاستجابات الفيزيولوجية في السباق عند الخيول الرياضية للدلالة الجزئية على مستوى الانحلال الدموي عند الخيول.
- ❖ يمكن استخدام مؤشر **ناقلة أمين الأسبارتات-الكرياتين كايناز** عند دراسة الاستجابات الفيزيولوجية في السباق عند الخيول الرياضية للدلالة على مستوى التلف العضلي والتعب عند الخيول.
- ❖ يمكن اعتبار مؤشر **اللاكتات - غلوكوز** دلالة على اللياقة البدنية للخيول ويمكن اعتبارهما أيضاً من أهم المعايير والمؤشرات الفيزيولوجية لمعرفة نظام الطاقة المستخدم لدى الخيول الرياضية أثناء السباق.
- ❖ بالرغم من أنّ مستوى خضاب الدم وعدد الكريات الحمر (RBCs-Hb) لا تدلّ على اللياقة البدنية ولكن يمكن اعتبارهما من أهم المعايير والمؤشرات الفيزيولوجية لمعرفة درجة خطورة حصول الانحلال الدموي الناتج عن لزوجة الدم لدى الخيول الرياضية.
- ❖ تُعبر مستويات إنزيمات مصل العضلات (AST-CK-LDH) على اللياقة البدنية ويمكن اعتبارهما من أهم المعايير والمؤشرات الفيزيولوجية لمعرفة التلف العضلي الحاصل ومستوى التكيف الفيزيولوجي لدى الخيول الرياضية.
- ❖ أدى إعطاء مُكمل إنرجي فورت قبل وبعد سباق 1600 متر إلى خفض مستوى اللاكتات وتنظيم مستوى الجلوكوز والدهون والكرياتينين والكرياتين كايناز واللاكتات ديهيدوجيناز وناقلة أمين الأسبارتات وناقلة أمين الألائين وشوارد الصوديوم والكالسيوم وكذلك مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر والنسبة المئوية للهيماتوكريت والمؤشرات السريرية بعد السباق.
- ❖ إنّ إعطاء مُكمل إنرجي فورت للخيول الرياضية قبل وبعد السباق عمل على تحسين الاستجابات الفيزيولوجية من خلال خاصيات عديدة يتمتع بها المكمل تؤدي إلى ضبط النطاقات الفيزيولوجية ضمن الحدود المقبولة والوصول إلى مرحلة التكيف الفيزيولوجي.

## ٢. التوصيات Recommendations:

- ❖ إنَّ مرحلة الاستجابات الفيزيولوجية بعد انتهاء التمرين والسباق تُعدُّ مرحلةً هامةً وخطيرةً لذا نوصي بمراقبة هذه التغيرات عند الخيول الرياضية لأنها تمثل الحد الفاصل بين حدوث الأمراض والاضطرابات المرضية ومرحلة التكيف الفيزيولوجي.
- ❖ يمكنُ إعطاء مُكمل إنرجي فورت للخيول الرياضية قبل وبعد السباق للوقاية من آثار التعب العضلي ولما له من آثارٍ إيجابية في تحسين الاستجابات الفيزيولوجية وبالتالي تحسين القدرة والسرعة.
- ❖ تكثيف الأبحاث مستقبلاً باستخدام مؤشرات الإجهاد التأكسدي وانزيمات مضادات الأكسدة مثل سوبر أوكسيد ديسموتاز (SOD)، الكاتالاز (CAT)، والغلوتاثيون بيروكسيديز، والجلوتاثيون S-ترانسفيراز بالإضافة إلى المتغيرات المدروسة والتي توفر صورة مركبة لحالة العضلات الفيزيولوجية والوظيفية ومدى التعب والتلف العضلي الحاصل بدقة بعد السباق والتمارين والتدريبات الرياضية.
- ❖ توسيع البحث باستخدام مؤشرات الإجهاد التأكسدي ومضادات الأكسدة الحاصلة في مستوى الكريات الحمر والتي تعطي صورة عن مدى تضرر غشاء الكريات الحمر بدقة بعد السباق والتمارين والتدريبات الرياضية.
- ❖ توسيع البحث مستقبلاً بدراسة متغيرات دموية نوعية مثل الهابتوغلوبين للتنبؤ بحدوث الانحلال الدموي بدقة وذلك بعد الجهد العضلي المكثف أو السباق.
- ❖ تكثيف الأبحاث مستقبلاً بدراسة التغيرات النسيجية على صعيد العضلات لمعرفة درجة التلف العضلي الحاصل بدقة وذلك بعد الجهد العضلي المكثف أو السباق.
- ❖ توسيع البحث مستقبلاً من حيث المدة والزمن والهدف في دراسة استخدام مكمل إنرجي فورت عند الأمهار في مراحل الإعداد البدني وكذلك عند الخيول خلال مواسم التدريب.
- ❖ استخدام معايير عالمية لتقييم دور المُكمل في اللياقة البدنية عند الأمهار والخيول خلال التدريب والتمرين مثل فهم دوره في تأثيره على معايير عتبة اللاكتات وكذلك فهم دوره في تأثيره على معايير العملية الالتهابية بعد التلف العضلي بقياس مستوى السيتوكينات والكيموكينات ومعرفة الآلية المحتملة لدوره في عمليات الاستشفاء بعد تلك البرامج التدريبية.
- ❖ تكثيف الأبحاث الفيزيولوجية على الخيول العربية الأصيلة - كونها تُعتبرُ إرثٌ وطنيٌّ تاريخيٌّ وسلالةٌ فريدةٌ لا مثيل لها- التي تؤدي إلى تطوير برامجٍ تدريبيةٍ سليمةٍ علمياً تعملُ على تحسين البرامج المحلية التقليدية بما يتلاءم مع التطورات العلمية العالمية حيثُ تعملُ على تحسين اللياقة البدنية للخيول.
- ❖ تكثيف الأبحاث العلمية الأكاديمية بالتعاون مع الشركات الوطنية لربط العلم الأكاديمي بالعمل الحقلّي الأمر الذي يدر بالفائدة على الأطباء البيطرين الحقلّيين لإعطاء أفضل النتائج للمربين وكذلك تنمية الثروة الحيوانية على مستوى القطر.

الفصل السابع

CHAPTER SEVEN

المراجع

REFERENCES

## ١- المراجع العربية:

❖ العبد، أسعد، والكراد، حسن. (2001): فيزيولوجيا الحيوانات المستأنسة، الجزء العملي.

منشورات جامعة البعث-كلية الطب البيطري.

❖ طباع، دارم وزملاؤه (2009): كتاب أمراض الخيل. الجزء الأول. منشورات جامعة البعث-كلية

الطب البيطري- بالتعاون مع مشروع حماية الحيوان (SPANNA).

❖ طباع، دارم وزملاؤه (2009): كتاب أمراض الخيل. الجزء الثاني. منشورات جامعة البعث-كلية

الطب البيطري- بالتعاون مع مشروع حماية الحيوان (SPANNA).

## 2- References:



Abd El-Aziz, G. S., Alturkistani, H. A., Alshali, R. A., Halawani, M. M., Hamdy, R. M., Aggad, W. S., ... & Hindi, E. A. (2023). The potential protectivity of honey and olive oil in methotrexate induced renal damage in rats. *Toxicon*, 234, 107268.

Abouelwafa, E., Zaki, A., M. Sabry, O., Caprioli, G., & Abdel-Sattar, E. (2023). Dolomiaea costus: an untapped mine of sesquiterpene lactones with wide magnificent biological activities. *Natural Product Research*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2164577>

Abubakar, I. B., Malami, I., Yahaya, Y., & Sule, S. M. (2018). A review on the ethnomedicinal uses, phytochemistry and pharmacology of *Alpinia officinarum* Hance. *Journal of ethnopharmacology*, 224, 45–62. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.05.027>

Acri, G., Testagrossa, B., Piccione, G., Arfuso, F., Giudice, E., & Giannetto, C. (2023). Central and Peripheral Fatigue Evaluation during Physical Exercise in Athletic Horses by Means of Raman Spectroscopy. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(13), 2201. <https://doi.org/10.3390/ani13132201>

Aga, M. B., Sharma, V., Dar, A. H., Dash, K. K., Singh, A., Shams, R., & Khan, S. A. (2023). Comprehensive review on functional and nutraceutical properties of honey. *eFood*, 4(2), e71. <https://doi.org/10.1002/efd2.71>

Ahmad, A., Riaz, S., Farooq, R., Ahmed, M., & Hussain, N. (2023). *Alpinia officinarum* (galangal): A beneficial plant. *J. Med. Public Health.*, 4, 1057.

Ahmad, B., Hafeez, N., Rauf, A., Bashir, S., Linfang, H., Rehman, M. U., ... & Rengasamy, K. R. (2021). *Phyllanthus*: A comprehensive review of its therapeutic benefits. *South African journal of botany*, 138, 278-310. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.12.028>

Akhtar, M. J., & Khan, S. A. (2023). Chemistry and Biological Activity of Mustard Oil: Therapeutic Benefits and Risk to Healthcare. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s43450-023-00450-2>

Alaerjani, W. M. A., Abu-Melha, S., Alshareef, R. M. H., Al-Farhan, B. S., Ghramh, H. A., Al-Shehri, B. M. A., Bajaber, M. A., Khan, K. A., Alrooqi, M. M., Modawe, G. A., & Mohammed, M. E. A. (2022). Biochemical Reactions and Their Biological Contributions in Honey. *Molecules* (Basel, Switzerland), 27(15), 4719. <https://doi.org/10.3390/molecules27154719>

Al-Asmari, A. K., Athar, M. T., & Kadasah, S. G. (2017). An Updated Phytopharmacological Review on Medicinal Plant of Arab Region: *Apium graveolens* Linn. *Pharmacognosy reviews*, 11(21), 13–18. [https://doi.org/10.4103/phrev.phrev\\_35\\_16](https://doi.org/10.4103/phrev.phrev_35_16)

Al-Dashti, Y. A., Holt, R. R., Stebbins, C. L., Keen, C. L., & Hackman, R. M. (2018). flavanols: a review of select effects on vascular function, blood pressure, and exercise performance. *Journal of the American College of Nutrition*, 37(7), 553-567. DOI: [10.1080/07315724.2018.1451788](https://doi.org/10.1080/07315724.2018.1451788)

Al-Duais, M. A. H., & Al-Awthman, Y. S. M. (2017). Hepatoprotective effect of costus roots extract against carbon tetrachloride (CCl<sub>4</sub>)-induced liver injury in Guinea Pigs. *J Life Sci*, 11, 176-84.

Allen, K. J., Young, L. E., & Franklin, S. H. (2019). Evaluation of heart rate and rhythm during exercise. *Equine Veterinary Education*, 28(2), 99-112. <https://doi.org/10.1111/eve.12405>

- Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. (2018).** Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiological reviews*, 88(1), 287-332. <https://doi.org/10.1152/physrev.00015.2007>
- Allain, C. C., Poon, L. S., Chan, C. S., Richmond, W. F. P. C., & Fu, P. C. (1974).** Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clinical chemistry*, 20(4), 470-475.
- Ali, A. M., Ali, E. M., Mousa, A. A., Ahmed, M. E., & Hendawy, A. O. (2021).** Bee honey and exercise for improving physical performance, reducing fatigue, and promoting an active lifestyle during COVID-19. *Sports medicine and health science*, 3(3), 177–180. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2021.06.002>
- Aligabi, Z. (2020).** Reflections on Avicenna’s impact on medicine: his reach beyond the middle east. *Journal of Community Hospital Internal Medicine Perspectives*, 10(4), 310-312. <https://doi.org/10.1080/20009666.2020.1774301>
- Al-Kafaween, M. A., Alwahsh, M., Mohd Hilmi, A. B., & Abulebdah, D. H. (2023).** Physicochemical Characteristics and Bioactive Compounds of Different Types of Honey and Their Biological and Therapeutic Properties: A Comprehensive Review. *Antibiotics*, 12(2), 337. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12020337>
- Allaam, M., Elseady, Y., Nayel, M., Elsify, A., Salama, A., Hassan, H., ... & Kamar, A. (2014).** Physiological and hemato-chemical evaluation of thoroughbred race horse after exercise. *IJAVMS*, 8(3), 81-93. DOI: [10.2298/AVB1303211J](https://doi.org/10.2298/AVB1303211J)
- Al-Waili N. S. (2003).** Effects of daily consumption of honey solution on hematological indices and blood levels of minerals and enzymes in normal individuals. *Journal of medicinal food*, 6(2), 135–140. <https://doi.org/10.1089/109662003322233549>
- Aly, M. O., Elgohary, R., & Tayel, D. I. (2019).** The effect of honey supplementation formula on delaying some fatigue markers on 1500 meters runners with no impact on performance. *Int J Sport Sci*, 9(3), 47-53.
- Ament, W., & Verkerke, G. J. (2009).** Exercise and fatigue. *Sports medicine*, 39, 389-422. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939050-00005>
- Aminifard, T., Razavi, B. M., & Hosseinzadeh, H. (2021).** The effects of ginseng on the metabolic syndrome: An updated review. *Food Science & Nutrition*, 9(9), 5293-5311. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2475>
- Anastassakis, K. (2022).** Vit B5 (Pantothenic Acid). In *Androgenetic Alopecia From A to Z: Vol. 2 Drugs, Herbs, Nutrition and Supplements* (pp. 309-313). Cham: Springer International Publishing [https://doi.org/10.1007/978-3-031-08057-9\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-031-08057-9_31) .
- Angelo R., Boufford D.E.(2011):** Atlas of the flora of New England: Salicaceae to Brassicaceae. *Phytoneuron*. 2011;12:1–12
- Arfuso, F., Rizzo, M., Giannetto, C., Giudice, E., Cirincione, R., Cassata, G., Cicero, L., & Piccione, G. (2022).** Oxidant and Antioxidant Parameters’ Assessment Together with Homocysteine and Muscle Enzymes in Racehorses: Evaluation of Positive Effects of Exercise. *Antioxidants*, 11(6), 1176. <https://doi.org/10.3390/antiox11061176>
- Arfuso, F., Giannetto, C., Giudice, E., Fazio, F., Panzera, M., & Piccione, G. (2021).** Peripheral Modulators of the Central Fatigue Development and Their Relationship with Athletic Performance in Jumper Horses. *Animals: an open access journal from MDPI*, 11(3), 743. <https://doi.org/10.3390/ani11030743>

(ARO): Arabian Racing Organization UK. Racing data, racing data ARO racing. (2019). <https://www.aroracing.co.uk/>. [Accessed 28 January 2023].

**Arring, N. M., Millstine, D., Marks, L. A., & Nail, L. M. (2018).** Ginseng as a treatment for fatigue: a systematic review. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 24(7), 624-633.

<https://doi.org/10.1089/acm.2017.0361>

**Art, T., & Lekeux, P. (2005).** Exercise-induced physiological adjustments to stressful conditions in sports horses. *Livestock Production Science*, 92(2), 101-111.

<https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.11.013>

**Asaad, N. K., & Razooqi, Q. A. (2022).** Protective role of the aqueous extract of Brassica nigra seed against cadmium chloride toxicity in lung tissue and hematological parameters of female rats. *Materials Today: Proceedings*, 60, 1497-1501.

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.003>

**Assenza, A., Marafioti, S., Congiu, F., Giannetto, C., Fazio, F., Bruschetta, D., & Piccione, G. (2017).** Serum muscle-derived enzymes response during show jumping competition in horse. *Veterinary world*, 9(3), 251–255.

<https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.251-255>

**Assenza, A., Arfuso, F., Zanghì, E., Fazio, F., Bruschetta, D., & Piccione, G. (2016).** Lipid and lipoprotein profiles modification in athletic horses after repeated jumping events. *Journal of Equine Veterinary Science*, 43, 28-31.

<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.05.001>

**Assenza, A., Bergero, D., Congiu, F., Tosto, F., Giannetto, C., & Piccione, G. (2014).** Evaluation of serum electrolytes and blood lactate concentration during repeated maximal exercise in horse. *Journal of equine veterinary science*, 34(10), 1175-1180.

<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2014.07.001>

Athanasiou, N., Bogdanis, G. C., & Mastorakos, G. (2023). Endocrine responses of the stress system to different types of exercise. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 24(2), 251-266.

**Ayad, A., Almarzook, S., Besseboua, O., Aissanou, S., Piórkowska, K., Musiał, A. D., Stefaniuk-Szmukier, M., & Ropka-Molik, K. (2021).** Investigation of Cerebellar Abiotrophy (CA), Lavender Foal Syndrome (LFS), and Severe Combined Immunodeficiency (SCID) Variants in a Cohort of Three MENA Region Horse Breeds. *Genes*, 12(12), 1893.

<https://doi.org/10.3390/genes12121893>

**Ayvazoğlu, C., Kızıltpe, Ş., Yaşar, Ü., Yaşar, Z. G., Demir, P., & Tunc, A. C. (2023).** Changes in cardiac troponin I (cTnI), T (cTnT), and some biochemical parameters in Arabian racehorses after training. *South African Journal of Animal Science*, 53(1), 1-6.



**Bahou, W. F., Marchenko, N., & Nesbitt, N. M. (2023).** Metabolic Functions of Biliverdin IX $\beta$  Reductase in Redox-Regulated Hematopoietic Cell Fate. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 12(5), 1058.

<https://doi.org/10.3390/antiox12051058>

**Bajpai, D., Malaiappan, S., & Rajeshkumar, S. (2023).** Evaluation of Anti-inflammatory and Antimicrobial Properties of Mustard Seed Extract-Based Hydrogel: An In Vitro Study. *Cureus*, 15(9). DOI: 10.7759/cureus.45146

**Balázs, V. L., Nagy-Radványi, L., Bencsik-Kerekes, E., Koloh, R., Szabó, D., Kocsis, B., Kocsis, M., & Farkas, Á. (2023).** Antibacterial and Antibiofilm Effect of Unifloral Honeys against Bacteria

Isolated from Chronic Wound Infections. *Microorganisms*, 11(2), 509.  
<https://doi.org/10.3390/microorganisms11020509>

**Banerjee, D., Das, P. K., & Mukherjee, J. (2023).** Muscular System. In *Textbook of Veterinary Physiology* (pp. 235-264). Singapore: Springer Nature Singapore.

**Bang, V. M. J., Aranhã, A. L. D. C., Nogueira, B. Z., Araújo, A. C., Bueno, P. C. D. S., Barbalho, S. M., ... & Guiguer, E. L. (2019).** Effects of *Rhodiola rosea* and *Panax ginseng* on the Metabolic Parameters of Rats Submitted to Swimming. *Journal of medicinal food*, 22(10), 1087-1090.  
<https://doi.org/10.1089/jmf.2019.0062>

**Barclay, C. J., & Curtin, N. A. (2023).** Advances in understanding the energetics of muscle contraction. *Journal of Biomechanics*, 111669. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2023.111669>

**Barker, F. J., Hart, A., Sayer, A. A., & Witham, M. D. (2022).** Effects of nicotinamide adenine dinucleotide precursors on measures of physical performance and physical frailty: A systematic review. *JCSM Clinical Reports*, 7(4), 93-106. <https://doi.org/10.1002/crt2.56>

**Bazzano M, Rizzo M, Arfuso F, Giannetto C, Fazio F, Piccione G. (2015).** Increase in erythrocyte osmotic resistance following polyunsaturated fatty acids (PUFA) supplementation in show jumper horses. *Livest Sci.* 181:236–41. doi: 10.1016/j.livsci.2015.08.011

**Ben Amor, S., Mekious, S., Allal Benfekih, L., Abdellattif, M. H., Boussebaa, W., Almalki, F. A., Ben Hadda, T., & Kawsar, S. M. A. (2022).** Phytochemical Characterization and Bioactivity of Different Honey Samples Collected in the Pre-Saharan Region in Algeria. *Life*, 12(7), 927.  
<https://doi.org/10.3390/life12070927>

**Billings, A., Quinn, J. K., & Spoor, M. S. (2021).** Laboratory Markers of Muscle Injury. *Equine Hematology, Cytology, and Clinical Chemistry*, 119-141 <https://doi.org/10.1002/9781119500186.ch10>

**Berezi, E.; Uwakwe, A.; Monago-Ighorodje, C.; Nwauche, K.(2017):** Gastroprotective potentials of aqueous leaf extracts of *Phyllanthus amarus* on ibuprofen-induced ulcer in Wistar rats. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.* 2017, 4, 138–146.

**Bitari, A., Oualdi, I., Touzani, R., Elachouri, M., & Legssyer, A. (2023).** *Alpinia officinarum*: A mini review. *Materials Today: Proceedings*, 72, 3869-3874.  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.10.080>

**Blazev, R., & Lamb, G. D. (1999).** Low [ATP] and elevated [Mg<sup>2+</sup>] reduce depolarization-induced Ca<sup>2+</sup> release in rat skinned skeletal muscle fibres. *The Journal of physiology*, 520 Pt 1(Pt 1), 203–215.  
<https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1999.00203.x>

**Bontemps, B., Vercruyssen, F., Gruet, M., & Louis, J. (2020).** Downhill Running: What Are The Effects and How Can We Adapt? A Narrative Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(12), 2083–2110. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01355-z>

**Bos, A., Compagnie, E., & Lindner, A. (2018).** Effect of racing on blood variables in Standardbred horses. *Veterinary Clinical Pathology*, 47(4), 625-628. <https://doi.org/10.1111/vcp.12666>

**Brancaccio, M., Mennitti, C., Cesaro, A., Fimiani, F., Vano, M., Gargiulo, B., Caiazza, M., Amodio, F., Coto, I., D'Alicandro, G., Mazzaccara, C., Lombardo, B., Pero, R., Terracciano, D., Limongelli, G., Calabrò, P., D'Argenio, V., Frisso, G., & Scudiero, O. (2022).** The Biological Role of Vitamins in Athletes' Muscle, Heart and Microbiota. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1249. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031249>

**Brancaccio, P., Lippi, G., & Maffulli, N. (2010).** Biochemical markers of muscular damage. *Clinical chemistry and laboratory medicine*, 48(6), 757–767. <https://doi.org/10.1515/CCLM.2010.179>

**Brooks, G. A., Arevalo, J. A., Osmond, A. D., Leija, R. G., Curl, C. C., & Tovar, A. P. (2023).** Lactate in contemporary biology: a phoenix risen. *The Journal of physiology*, 600(5), 1229–1251. <https://doi.org/10.1113/JP280955>

**Brooks, G. A., Arevalo, J. A., Osmond, A. D., Leija, R. G., Curl, C. C., & Tovar, A. P. (2022).** Lactate in contemporary biology: a phoenix risen. *The Journal of physiology*, 600(5), 1229–1251. <https://doi.org/10.1113/JP280955>

**Brooks G. A. (2018).** The Science and Translation of Lactate Shuttle Theory. *Cell metabolism*, 27(4), 757–785. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.03.008>

**Brooks, G. A. (2002).** Lactate shuttles in Nature. *Biochemical Society Transactions*, 30(2), 258–264. <https://doi.org/10.1042/bst0300258>

**Brun, J. F., Varlet-Marie, E., Myzia, J., Raynaud de Mauverger, E., & Pretorius, E. (2021).** Metabolic Influences Modulating Erythrocyte Deformability and Eryptosis. *Metabolites*, 12(1), 4. <https://doi.org/10.3390/metabo12010004>

**Buckley, P., Buckley, D. J., Freire, R., & Hughes, K. J. (2022).** Pre-race and race management impacts serum muscle enzyme activity in Australian horses. *Equine veterinary journal*, 54(5), 895–904. <https://doi.org/10.1111/evj.13519>

**Bugno-Poniewierska, M., Stefaniuk-Szmukier, M., -Kajtoch, A. P., Fornal, A., Piórkowska, K., & Ropka-Molik, K. (2019).** Genetic screening for cerebellar abiotrophy, severe combined immunodeficiency and lavender foal syndrome in Arabian horses in Poland. *Veterinary journal (London, England : 1997)*, 248, 71–73. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2019.04.012>

**Burk, A. O., & Williams, C. A. (2018).** Feeding management practices and supplement use in top-level event horses. *Comparative Exercise Physiology*, 5(02), 85. <https://doi.org/10.1017/S1478061508062786>.

**Burtis, C. A., Ashwood, E. R., & Tietz, N. W. (1999).** Tietz textbook of clinical chemistry.

**Buzala, M., Krumrych, W., & Janicki, B. (2015).** Usefulness of Creatine Kinase Activity Determination for Assessing the Effects of Physical Effort in Horses. *Pakistan Veterinary Journal*, 35(3).



**Carreón, V., Macedo, R., & De la Peña, C. (2013).** Effect of physical activity and other factors on serum levels of total cholesterol and triglycerides in horses in Colima, Mexico. *J Vet Adv*, 3(7), 215–219. DOI: 10.5455/jva.20130723120931

**Carroll, T. J., Taylor, J. L., & Gandevia, S. C. (2017).** Recovery of central and peripheral neuromuscular fatigue after exercise. *Journal of Applied Physiology*, 122(5), 1068–1076. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00775.2016>

**Cecchini, S., Paciolla, M., Caputo, A. R., & Bavoso, A. (2014).** Antioxidant Potential of the Polyherbal Formulation "ImmuPlus": A Nutritional Supplement for Horses. *Veterinary medicine international*, 2014, 434239. <https://doi.org/10.1155/2014/434239>

**Chand, T., & Savitri, B. (2016).** Vitamin B3, niacin. *Industrial Biotechnology of Vitamins, Biopigments, and Antioxidants*, 41–65. <https://doi.org/10.1002/9783527681754.ch3>

- Chaughule, R. S., & Barve, R. S. (2023).** Role of herbal medicines in the treatment of infectious diseases. *Vegetos*, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s42535-022-00549-2>
- Chodkowska, K. A., Abramowicz-Pindor, P. A., Tuśnio, A., Gawin, K., Taciak, M., & Barszcz, M. (2022).** Effect of Phytobiotic Composition on Production Parameters, Oxidative Stress Markers and Myokine Levels in Blood and Pectoral Muscle. *Animals*, 12(19), 2625. <https://doi.org/10.3390/ani12192625>
- Choi, K. T. (2018).** Botanical characteristics, pharmacological effects and medicinal components of Korean Panax ginseng CA Meyer. *Acta Pharmacologica Sinica*, 29(9), 1109-1118. <https://doi.org/10.1111/j.1745-7254.2008.00869.x>
- Choi, H. J., Kim, E. J., Shin, Y. W., Park, J. H., Kim, D. H., & Kim, N. J. (2016).** Protective Effect of Heat-processed Ginseng (Sun Ginseng) in the Adenine-induced Renal Failure Rats. *Journal of ginseng research*, 36(3), 270–276. <https://doi.org/10.5142/jgr.2012.36.3.270>
- Church-Huxley, H. A. (2023).** Muscle hypertrophy and its relevance to horses. *UK-Vet Equine*, 7(4), 122-126. <https://doi.org/10.12968/ukve.2023.7.4.122>
- Cienciosi, D., Forbes-Hernández, T., Afrin, S., Gasparrini, M., Reboredo-Rodriguez, P., Manna, P., Zhang, J., Bravo Lamas, L., Martínez Flórez, S., Agudo Toyos, P., Quiles, J., Giampieri, F., & Battino, M. (2018).** Phenolic Compounds in Honey and Their Associated Health Benefits: A Review. *Molecules*, 23(9), 2322. <https://doi.org/10.3390/molecules23092322>
- Clark J. F. (2017).** Creatine and phosphocreatine: a review of their use in exercise and sport. *Journal of athletic training*, 32(1), 45–51.
- Clausen, T. (2003).** Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump regulation and skeletal muscle contractility. *Physiological reviews*. <https://doi.org/10.1152/physrev.00011.2003>
- Clayton, H., M. (2019).** Energy production. In Clayton HM, editor: Conditioning sport horses, Saskatoon, SK, Sport Horse Publications, pp 31–43., Sport Horse Publications, pp 31–43.
- Constantin-Teodosiu, D., & Constantin, D. (2021).** Molecular Mechanisms of Muscle Fatigue. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(21), 11587. <https://doi.org/10.3390/ijms222111587>
- Cohen, N. D., Roussel, A. J., Lumsden, J. H., Cohen, A. C., Grift, E., & Lewis, C. (2003).** Alterations of fluid and electrolyte balance in thoroughbred racehorses following strenuous exercise during training. *Canadian journal of veterinary research = Revue canadienne de recherche veterinaire*, 57(1), 9–13.
- Corrigan R. (2011).** Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology, 2nd edition. *The Canadian Veterinary Journal*, 52(2), 161.
- Cosgrove, E. J., Sadeghi, R., Schlamp, F., Holl, H. M., Moradi-Shahrbabak, M., Miraei-Ashtiani, S. R., Abdalla, S., Shykind, B., Troedsson, M., Stefaniuk-Szmukier, M., Prabhu, A., Bucca, S., Bugno-Poniewierska, M., Wallner, B., Malek, J., Miller, D. C., Clark, A. G., Antczak, D. F., & Brooks, S. A. (2020).** Genome Diversity and the Origin of the Arabian Horse. *Scientific reports*, 10(1), 9702. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66232-1>
- Coyne, C. P., Carlson, G. P., Spensley, M. S., & Smith, J. (1990).** Preliminary investigation of alterations in blood viscosity, cellular composition, and electrophoresis plasma protein fraction profile after competitive racing activity in Thoroughbred horses. *American journal of veterinary research*, 51(12), 1956–1963.

**Cretoiu, D., Pavelescu, L., Duica, F., Radu, M., Suciu, N., & Cretoiu, S. M. (2022).** Myofibers. *Muscle Atrophy*, 23-46.

**Cywinska, A., Szarska, E., Kowalska, A., Ostaszewski, P., & Schollenberger, A. (2011).** Gender differences in exercise--induced intravascular haemolysis during race training in thoroughbred horses. *Research in veterinary science*, 90(1), 133–137. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2010.05.004>



**Damre, A. A., Damre, A. S., & Saraf, M. N. (2003).** Evaluation of sesquiterpene lactone fraction of *Saussurea lappa* on transudative, exudative and proliferative phases of inflammation. *Phytotherapy Research*, 17(7), 722-725. <https://doi.org/10.1002/ptr.1152>

**Darbandi, H., Munsters, C., Parmentier, J., & Havinga, P. (2023).** Detecting fatigue of sport horses with biomechanical gait features using inertial sensors. *PloS one*, 18(4), e0284554. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284554>

**Das, G., Tantengco, O. A. G., Tundis, R., Robles, J. A. H., Loizzo, M. R., Shin, H. S., & Patra, J. K. (2022).** Glucosinolates and Omega-3 Fatty Acids from Mustard Seeds: Phytochemistry and Pharmacology. *Plants*, 11(17), 2290. <https://doi.org/10.3390/plants11172290>

**Das, G., Patra, J. K., Gonçalves, S., Romano, A., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Heredia, J. B., ... & Shin, H. S. (2020).** Galangal, the multipotent super spices: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 101, 50-62. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.032>

**Dash, S., Panda, M. K., Singh, M. C., Jit, B. P., Singh, Y. D., & Patra, J. K. (2020).** Bioactive Molecules from the *Alpinia* Genus: A Comprehensive Review. *Current pharmaceutical biotechnology*, 21(14), 1412–1421. <https://doi.org/10.2174/1389201021666200510002409>

**Demirtaş, B. (2020).** Physical, hematological and biochemical responses of Arabian horses to jereed (Javelin Swarm) competition. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24(2). DOI: 10.9775/kvfd.2017.18674

**Demirtaş, B., Yaramış, Ç., & Atmaca, M. (2015).** Exercise-induced physiological fatigue in horses. *Türk. Klinikleri. J. Vet. Sci*, 6, 60-66.

**Deng, X., Zhao, J., Qu, L., Duan, Z., Fu, R., Zhu, C., & Fan, D. (2020).** Ginsenoside Rh4 suppresses aerobic glycolysis and the expression of PD-L1 via targeting AKT in esophageal cancer. *Biochemical Pharmacology*, 178, 114038. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114038>

**Derry, M. (2023).** Westernizing Arabian Horses: Examples of Purity Breeding in Relation to Authenticity and Improvement, 1880–2020. *Humanimalia*, 13(2), 85-119. <https://doi.org/10.52537/humanimalia.13792>

**Ding, P., Yang, L., Feng, C., & Xian, J. C. (2019).** Research and application of *Alpinia officinarum* in medicinal field. *Chinese Herbal Medicines*, 11(2), 132-140. <https://doi.org/10.1016/j.chmed.2019.04.003>

**Dockalova, H., Baholet, D., Batik, A., Zeman, L., & Horky, P. (2022).** Effect of Milk Thistle (*Silybum marianum*) Seed Cakes by Horses Subjected to Physical Exertion. *Journal of equine veterinary science*, 113, 103937. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2022.103937>

**Dong, G. Z., Lee, S. Y., Zhao, H. Y., Lee, Y. I., Jeong, J. H., Jeon, R., ... & Ryu, J. H. (2015).** Diarylheptanoids from lesser galangal suppress human colon cancer cell growth through modulating

Wnt/ $\beta$ -catenin pathway. *Journal of functional foods*, 18, 47-57.  
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.059>

**Doumas, B. T., Watson, W. A., & Biggs, H. G. (1971).** Albumin standards and the measurement of serum albumin with bromocresol green. *Clinica chimica acta*, 31(1), 87-96.

**Drabkin, D. L., & Austin, J. H. (1935).** Spectrophotometric studies: I. Spectrophotometric constants for common hemoglobin derivatives in human, dog, and rabbit blood. *Journal of Biological Chemistry*, 98(2), 719-733.

**Ducharme, N. G., Fortier, L. A., Kraus, M. S., Hobo, S., Mohammed, H. O., McHugh, M. P., Hackett, R. P., Soderholm, L. V., & Mitchell, L. M. (2009).** Effect of a tart cherry juice blend on exercise-induced muscle damage in horses. *American journal of veterinary research*, 70(6), 758–763.  
<https://doi.org/10.2460/ajvr.70.6.758>

**Duke J.A. (2002):** Handbook of Medicinal Herbs. 2nd ed. CRC Press; Melbourne, Australia: 2002.

**Dżugan, M., Tomczyk, M., Sowa, P., & Grabek-Lejko, D. (2018).** Antioxidant Activity as Biomarker of Honey Variety. *Molecules*, 23(8), 2069. <https://doi.org/10.3390/molecules23082069>



**Ekici, S., & Ozmen, O. (2021).** Affecting Lipid Metabolism Salivary MicroRNAs Expressions in Arabian Racehorses Before and After the Race. *Journal of equine veterinary science*, 93, 103218.  
<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103218>

**Elghandour, M. M., Reddy, P. R. K., Salem, A. Z., Reddy, P. P. R., Hyder, I., Barbabosa-Pliego, A., & Yayaswini, D. (2018).** Plant bioactives and extracts as feed additives in horse nutrition. *Journal of Equine Veterinary Science*, 69, 66-77. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.06.004>

**Ememe, M. U., Mshelia, W. P., & Ayo, J. O. (2015).** Ameliorative effects of resveratrol on oxidative stress biomarkers in horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 35(6), 518-523.

**Eteraf-Oskouei, T., & Najafi, M. (2013).** Traditional and modern uses of natural honey in human diseases: a review. *Iranian journal of basic medical sciences*, 16(6), 731–742. PMID: [23997898](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23997898/)



**Fadzil, M. A. M., Mustar, S., & Rashed, A. A. (2023).** The Potential Use of Honey as a Neuroprotective Agent for the Management of Neurodegenerative Diseases. *Nutrients*, 15(7), 1558.  
<https://doi.org/10.3390/nu15071558>

**Fazio, F., Assenza, A., Tosto, F., Casella, S., Piccione, G., & Caola, G. (2022).** Training and haematochemical profile in Thoroughbreds and Standardbreds: A longitudinal study. *Livestock Science*, 141(2-3), 221-226.

**Fedde, M. R., & Erickson, H. H. (1998).** Increase in blood viscosity in the sprinting horse: can it account for the high pulmonary arterial pressure? *Equine veterinary journal*, 30(4), 329–334.  
<https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1998.tb04106.x>

**Ferguson, B. S., Rogatzki, M. J., Goodwin, M. L., Kane, D. A., Rightmire, Z., & Gladden, L. B. (2018).** Lactate metabolism: historical context, prior misinterpretations, and current understanding. *European journal of applied physiology*, 118(4), 691–728.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-017-3795-6>

**Ferlazzo, A., Cravana, C., Fazio, E., & Medica, P. (2020).** The different hormonal system during exercise stress coping in horses. *Veterinary world*, 13(5), 847–859. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.847-859>

**Fielding, C. L., & Magdesian, K. G. (2011).** Review of packed cell volume and total protein for use in equine practice. In *Proceedings of the 57th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners* (Vol. 318, p. 321).

**Fontanel, M., Todd, E., Drabbe, A., Ropka-Molik, K., Stefaniuk-Szmukier, M., Myćka, G., & Velie, B. D. (2020).** Variation in the SLC16A1 and the ACOX1 Genes Is Associated with Gallop Racing Performance in Arabian Horses. *Journal of equine veterinary science*, 93, 103202. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103202>

**Forman, H. J., & Zhang, H. (2021).** Targeting oxidative stress in disease: promise and limitations of antioxidant therapy. *Nature reviews. Drug discovery*, 20(9), 689–709. <https://doi.org/10.1038/s41573-021-00233-1>

**Fossati, P., & Prencipe, L. (1982).** Serum triglycerides determined colorimetrically with an enzyme that produces hydrogen peroxide. *Clinical chemistry*, 28(10), 2077-2080.

**Franciscato, C., Lopes, S. T. D. A., Veiga, Â. P. M., Martins, D. B., Emanuelli, M. P., & Oliveira, L. S. S. (2006).** AST, CK and GGT enzymes serum activities in Crioulo horses. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 1561-1565.

**Freestone, J. F., Kamerling, S. G., Church, G., Bagwell, C., & Hamra, J. (2017).** Exercise induced changes in creatine kinase and aspartate aminotransferase activities in the horse: effects of conditioning, exercise tests and acepromazine. *Journal of Equine Veterinary Science*, 9(5), 275-280. [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(89\)80090-5](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(89)80090-5)

**Fu, J., Wang, Y., Sun, M., Xu, Y., & Chen, L. (2022).** Antibacterial activity and components of the methanol-phase extract from rhizomes of pharmacophagous plant *Alpinia officinarum* Hance. *Molecules*, 27(13), 4308. <https://doi.org/10.3390/molecules27134308>



**Galen, G. van, Olsen, E., & Siwinska, N. (2022).** Biomarkers of Kidney Disease in Horses: A Review of the Current Literature. *Animals*, 12(19), 2678. <https://doi.org/10.3390/ani12192678>

**Gardner D. S. (2016).** Historical progression of racing performance in the Thoroughbred horse and man. *Equine veterinary journal*, 38(6), 581–583. <https://doi.org/10.2746/042516406x156514>

**Gardner, G. W., Bratton, R., Chowdhury, S. R., Fowler, W. M., Jr, & Pearson, C. M. (1964).** Effect of Exercise On Serum Enzyme Levels in Trained Subjects. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 4, 103–110.

**Gella, F. J., Olivella, T., Pastor, M. C., Arenas, J., Moreno, R., Durban, R., & Gomez, J. A. (1985).** A simple procedure for the routine determination of aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase with pyridoxal phosphate. *Clinica chimica acta*, 153(3), 241-247.

**Geor, R. J. (2006).** The role of nutritional supplements and feeding strategies in equine athletic performance. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 3(03), 109–119.

**Gerard, M. P., De Graaf-Roelfsema, E., Hodgson, D. R., & Van Der Kolk, J. H. (2014).** Energetic considerations. Physiology of Exercise and Performance, *The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine*, p. 19-32.

**Ghavami, A., Ziaei, R., Foshati, S., Kermani, M. A. H., Zare, M., & Amani, R. (2020).** Benefits and harms of ginseng supplementation on liver function? A systematic review and meta-analysis. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 39, 101173.

<https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2020.101173>

**Ghazzawi, H. A., Hussain, M. A., Raziq, K. M., Alsendi, K. K., Alaamer, R. O., Jaradat, M., Alobaidi, S., Al Aqili, R., Trabelsi, K., & Jahrami, H. (2023).** Exploring the Relationship between Micronutrients and Athletic Performance: A Comprehensive Scientific Systematic Review of the Literature in Sports Medicine. *Sports (Basel, Switzerland)*, 11(6), 109.

<https://doi.org/10.3390/sports11060109>

**Gholami, Z., Sohrabi, Z., Zare, M., Pourrajab, B., & Nasimi, N. (2022).** The effect of honey on lipid profiles: a systematic review and meta-analysis of controlled clinical trials. *British Journal of Nutrition*, 127(10), 1482-1496. <https://doi.org/10.1017/S0007114521002506>

**Gibson, M. J., Legg, K. A., Gee, E. K., & Rogers, C. W. (2023).** The Reporting of Racehorse Fatalities in New Zealand Thoroughbred Flat Racing in the 2011/12-2021/22 Seasons. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(4), 612. <https://doi.org/10.3390/ani13040612>

**Gim, J. A., Ayarpadikannan, S., Eo, J., Kwon, Y. J., Choi, Y., Lee, H. K., Park, K. D., Yang, Y. M., Cho, B. W., & Kim, H. S. (2014).** Transcriptional expression changes of glucose metabolism genes after exercise in thoroughbred horses. *Gene*, 547(1), 152-158.

<https://doi.org/10.1016/j.gene.2014.06.051>

**Gindler, E. M., & King, J. D. (1972).** Rapid colorimetric determination of calcium in biologic fluids with methylthymol blue. *American journal of clinical pathology*, 58(4), 376-382.

**Gladden L. B. (2008).** A lactatic perspective on metabolism. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(3), 477-485. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31815fa580>

**Gladden L. B. (2004).** Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *The Journal of physiology*, 558(Pt 1), 5-30. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.058701>

**Golechha, M., Sarangal, V., Ojha, S., Bhatia, J., & Arya, D. S. (2014).** Anti-inflammatory effect of *Embllica officinalis* in rodent models of acute and chronic inflammation: Involvement of possible mechanisms. *International journal of inflammation*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/178408>

**Gomes, C. L., Alves, A. M., Ribeiro Filho, J. D., Moraes Júnior, F. J., Barreto Júnior, R. A., Fucuta, R. S., & Miranda, L. M. (2021).** Physiological and biochemical responses and hydration status in equines after two-barrel racing courses. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 40, 992-1001.

<https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-6710>

**Gonçalves, A. C., & Portari, G. V. (2021).** The B-complex vitamins related to energy metabolism and their role in exercise performance: a narrative review. *Science & Sports*, 36(6), 433-440. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.11.007>

**Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. (1949).** Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. biol. Chem*, 177(2), 751-766.

**Grigore, A., Vulturescu, V., Neagu, G., Ungureanu, P., Panteli, M., & Rasit, I. (2022).** Antioxidant-Anti-Inflammatory Evaluation of a Poly herbal Formula. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland)*, 15(2), 114. <https://doi.org/10.3390/ph15020114>

**Grygier, A. (2022).** Mustard seeds as a bioactive component of food. *Food Reviews International*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2015774>



**Gul, M., Liu, Z.-W., Iahtisham-Ul-Haq, Rabail, R., Faheem, F., Walayat, N., Nawaz, A., Shabbir, M. A., Munezata, P. E. S., Lorenzo, J. M., & Aadil, R. M. (2023).** Functional and Nutraceutical Significance of Amla (*Phyllanthus L.*): A Review. *Antioxidants*, *11*(5), 816. <https://doi.org/10.3390/antiox11050816>

**Guo, M., Shao, S., Wang, D., Zhao, D., & Wang, M. (2021).** Recent progress in polysaccharides from *Panax ginseng* CA Meyer. *Food & Function*, *12*(2), 494-518. <https://doi.org/10.1039/D0FO01896A>

**Gurgul, A., Jasielczuk, I., Semik-Gurgul, E., Pawlina-Tyszko, K., Stefaniuk-Szmukier, M., Szmatoła, T., Polak, G., Tomczyk-Wrona, I., & Bugno-Poniewierska, M. (2019).** A genome-wide scan for diversifying selection signatures in selected horse breeds. *PloS one*, *14*(1), e0210751. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210751>

**Gustafsson, K., Tatz, A. J., Slavin, R. A., Sutton, G. A., Dahan, R., Ahmad, W. A., & Kelmer, G. (2021).** Intraincisional medical grade honey decreases the prevalence of incisional infection in horses undergoing colic surgery: A prospective randomised controlled study. *Equine Veterinary Journal*, *53*(6), 1112-1118. <https://doi.org/10.1111/evj.13407>

**Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2017).** Sports physiology. *Textbook of medical physiology*, Elsevier Health Sciences 14th edition, Ch. 8, p 939-50.



**Halczuk, K., Kaźmierczak-Barańska, J., Karwowski, B. T., Karmańska, A., & Cieślak, M. (2023).** Vitamin B12—Multifaceted In Vivo Functions and In Vitro Applications. *Nutrients*, *15*(12), 2734. <https://doi.org/10.3390/nu15122734>

**Hall, J. E., & Hall, M. E. (2020).** "Sports Physiology" Guyton and Hall textbook of medical physiology e-Book. Elsevier Health Sciences 14th edition, P. 1073-1084.

**Hancock, C. R., Brault, J. J., & Terjung, R. L. (2016).** Protecting the cellular energy state during contractions: role of AMP deaminase. *J Physiol Pharmacol*, *57*(Suppl 10), 17-29.

**Hanzawa, K., Kai, M., Hiraga, A., & Watanabe, S. (2021).** Fragility of red cells during exercise is affected by blood pH and temperature. *Equine veterinary journal. Supplement*, (30), 610–611. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1999.tb05294.x>

**Hargreaves, B. J., Kronfeld, D. S., & Naylor, J. R. (1999).** Ambient temperature and relative humidity influenced packed cell volume, total plasma protein and other variables in horses during an incremental submaximal field exercise test. *Equine veterinary journal*, *31*(4), 314–318. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1999.tb03823.x>

**Harris, P. A. T., & Snow, D. H. (1992).** Plasma potassium and lactate concentrations in Thoroughbred horses during exercise of varying intensity. *Equine Veterinary Journal*, *24*(3), 220-225. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1992.tb02819.x>

**Harty, P. S., Zabriskie, H. A., Erickson, J. L., Molling, P. E., Kerksick, C. M., & Jagim, A. R. (2018).** Multi-ingredient pre-workout supplements, safety implications, and performance outcomes: a brief review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *15*(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0247-6>

**Hassan, H. Y., Aly, M. A., ELseady, Y., Nayel, M. A., Elsify, A. M., Salama, A. A., ... & Kamar, A. B. (2015).** The Effect of Race in the Clinical, Hematological and Biochemical Biomarkers in Thoroughbred Horses. *Europe's Journal of Psychology*, *11*(3).

- Heidari, H., Khalaj, A., Khani, S., Abdollahi, M., Farahani, H., & Khani, S. (2022).** Hypoglycemic, hypolipidemic and hepatoprotective effects of *Alpinia officinarum* on nicotinamide/streptozotocin induced type II diabetic rats. *Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation*, 43(3), 289-296. <https://doi.org/10.1515/hmbci-2021-0050>
- Heiny J. A. (2010).** S100A1: a physiological modulator of RYR1, Ca<sup>2+</sup> release, and contractility in skeletal muscle. Focus on "S100A1 promotes action potential-initiated calcium release flux and force production in skeletal muscle". *American journal of physiology. Cell physiology*, 299(5), C882–C884. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00349.2010>
- Hellings, I. R., Skjerve, E., Karlstam, E., Valheim, M., Ihler, C. F., & Fintl, C. (2022).** Racing-associated fatalities in Norwegian and Swedish harness racehorses: Incidence rates, risk factors, and principal postmortem findings. *Journal of veterinary internal medicine*, 36(2), 778–786. <https://doi.org/10.1111/jvim.16364>
- Hill, A. E., Gardner, I. A., Carpenter, T. E., & Stover, S. M. (2004).** Effects of injury to the suspensory apparatus, exercise, and horseshoe characteristics on the risk of lateral condylar fracture and suspensory apparatus failure in forelimbs of thoroughbred racehorses. *American journal of veterinary research*, 65(11), 1508–1517. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2004.65.1508>
- Hill, A. V. (1914).** The oxidative removal of lactic acid. *J. Physiol*, 48, 10-11.
- Hills, S. P., Mitchell, P., Wells, C., & Russell, M. (2019).** Honey Supplementation and Exercise: A Systematic Review. *Nutrients*, 11(7), 1586. <https://doi.org/10.3390/nu11071586>
- Hinchcliff, K. W. (2014).** The horse as an athlete. In *Equine sports medicine and surgery*. Basic and editors. Equine clinical sciences of the equine athlete. 2<sup>nd</sup>. ed. Edinburgh: Saunders; (pp. 3-10). WB Saunders.
- Hinchcliff, K.W, Geor, R.J. (2009).** Integrative physiology of exercise. In: Hinchcliff K.W, Kaneps AJ, Geor RJ, sports medicine and surgery. Basic and editors. Equine clinical sciences of the equine athlete. 1st ed. Edinburgh: Saunders; p. 3–8.
- Hiraga, A., & Sugano, S. (2016).** Studies on exercise physiology and performance testing of racehorses performed in Japan during the 1930s using recovery rate as an index. *Journal of equine science*, 27(4), 131–142. <https://doi.org/10.1294/jes.27.131>
- Hodgson, D. R., McGowan, C. M., & McKeever, K. (2014).** The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine. Elsevier Health Sciences.
- Hoffman, M. D., Valentino, T. R., Stuempfle, K. J., & Hassid, B. V. (2017).** A Placebo-Controlled Trial of Riboflavin for Enhancement of Ultramarathon Recovery. *Sports medicine - open*, 3(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s40798-017-0081-4>
- Hoh, J. F. Y. (2023).** Developmental, physiologic and phylogenetic perspectives on the expression and regulation of myosin heavy chains in mammalian skeletal muscles. *Journal of Comparative Physiology B*, 1-28.
- Honmore, V. S., Kandhare, A. D., Kadam, P. P., Khedkar, V. M., Sarkar, D., Bodhankar, S. L., ... & Natu, A. D. (2016).** Isolates of *Alpinia officinarum* Hance as COX-2 inhibitors: Evidence from anti-inflammatory, antioxidant and molecular docking studies. *International Immunopharmacology*, 33, 8-17. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2016.01.024>

**Horder, M., Jorgensen, P. J., Hafkenschied, J. C., Carstensen, C. A., Bachmann, C., Bauer, K., ... & Vogt, W. (1991).** Creatine kinase determination: a European evaluation of the creatine kinase determination in serum, plasma and whole blood with the Reflotron system. *Eur J Clin Chem Clin Biochem*, 29(10), 691-696.

**Hörnigke, H., von Engelhardt, W., & Ehrlein, H. J. (2017).** Effect of the race on systemic blood pressure and heart rate in horses. *Pflugers Archiv : European journal of physiology*, 372(1), 95–99. <https://doi.org/10.1007/BF00582212>

**Hossain, M. M., Barman, D. N., & Rahman, M. A. (2023).** Amino Acids, Proteins, and Enzymes. *Honey: Composition and Health Benefits*, 50-65. <https://doi.org/10.1002/9781119113324.ch5>

**Householder, D. D., & Douglas, R. H. (2005).** Total blood volume and thoroughbred racing performance. *Journal of Equine Veterinary Science*, 25(1), 14-15.

**Hrubša, M., Siatka, T., Nejmanová, I., Vopršalová, M., Kujovská Krčmová, L., Matoušová, K., Javorská, L., Macáková, K., Mercolini, L., Remião, F., Mát'uš, M., Mladěnka, P., & On Behalf Of The Oeonom (2022).** Biological Properties of Vitamins of the B-Complex, Part 1: Vitamins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, and B<sub>5</sub>. *Nutrients*, 14(3), 484. <https://doi.org/10.3390/nu14030484>

**Huang, X., Tang, G., Liao, Y., Zhuang, X., Dong, X., Liu, H., ... & Shi, L. (2016).** 7-(4-Hydroxyphenyl)-1-phenyl-4E-hepten-3-one, a Diarylheptanoid from *Alpinia officinarum*, Protects Neurons against Amyloid- $\beta$  Induced Toxicity. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 39(12), 1961-1967. <https://doi.org/10.1248/bpb.b16-00411>

**Huang, X.-J., Choi, Y.-K., Im, H.-S., Yarimaga, O., Yoon, E., & Kim, H.-S. (2006).** Aspartate Aminotransferase (AST/GOT) and Alanine Aminotransferase (ALT/GPT) Detection Techniques. *Sensors*, 6(7), 756–782. <https://doi.org/10.3390/s6070756>

**Hueston, C. M., & Deak, T. (2014).** The inflamed axis: the interaction between stress, hormones, and the expression of inflammatory-related genes within key structures comprising the hypothalamic-pituitary-adrenal axis. *Physiology & behavior*, 124, 77–91. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.10.035>

**Hurcombe, S. D. (2020).** Clinical Pathology of the Racehorse. *The Veterinary clinics of North America. Equine practice*, 36(1), 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2019.12.004>

**Hyldahl, R. D., Chen, T. C., & Nosaka, K. (2017).** Mechanisms and Mediators of the Skeletal Muscle Repeated Bout Effect. *Exercise and sport sciences reviews*, 45(1), 24–33. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000095>

**Hyun, S. H., Bhilare, K. D., In, G., Park, C. K., & Kim, J. H. (2022).** Effects of Panax ginseng and ginsenosides on oxidative stress and cardiovascular diseases: pharmacological and therapeutic roles. *Journal of Ginseng Research*, 46(1), 33-38. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2021.07.007>

**Hyypä, S. (2005).** Endocrinal responses in exercising horses. *Livestock Production Science*, 92(2), 113-121.



**Idriss, H., Siddig, B., Maldonado, P. G., Elkhair, H. M., Alakhras, A. I., Abdallah, E. M., Torres, P. H. S., & Elzupir, A. O. (2022).** Phytochemical Discrimination, Biological Activity and Molecular Docking of Water-Soluble Inhibitors from *Saussurea costus* Herb against Main Protease of SARS-CoV-2. *Molecules*, 27(15), 4908. <https://doi.org/10.3390/molecules27154908>



**Ilija, G., Simulescu, V., Merghes, P., & Varan, N. (2021).** The health benefits of honey as an energy source with antioxidant, antibacterial and antiseptic effects. *Science & sports*, 36(4), 272-e1. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.10.005>

**Ishizaka, S., Aurich, J. E., Ille, N., Aurich, C., & Nagel, C. (2017).** Acute physiological stress response of horses to different potential short-term stressors. *Journal of Equine Veterinary Science*, 54, 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.02.013>



**Jagim, A. R., Camic, C. L., & Harty, P. S. (2019).** Common Habits, Adverse Events, and Opinions Regarding Pre-Workout Supplement Use Among Regular Consumers. *Nutrients*, 11(4), 855. <https://doi.org/10.3390/nu11040855>

**Javaid, F., Mehmood, M. H., & Shaukat, B. (2021).** Hydroethanolic extract of *A. Officinorum* hance ameliorates hypertension and causes diuresis in obesogenic feed-fed rat model. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 670433. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.670433>

**Jesuthasan, A., Ali, A., Lee, J. K. W., & Rutherford-Markwick, K. (2022).** Assessment of Changes in Physiological Markers in Different Body Fluids at Rest and after Exercise. *Nutrients*, 14(21), 4685. <https://doi.org/10.3390/nu14214685>

**Johnson, R. A., Johnson, P. J., Megarani, D. V., Patel, S. D., Yaglom, H. D., Osterlind, S., ... Crowder, S. M. (2017).** Horses Working in Therapeutic Riding Programs: Cortisol, Adrenocorticotrophic Hormone, Glucose, and Behavior Stress Indicators. *Journal of Equine Veterinary Science*, 57, 77–85. doi:10.1016/j.jevs.2017.05.006

**Jose-Cunilleras, E., McKeever, K. H., & KW, K. A. H. (2014).** Body fluids and electrolytes: responses to exercise and training. In *Equine Sports Medicine and Surgery* (pp. 837-854).

**Jović, S., Stevanović, J., Borozan, S., Dimitrijević, B., Popović, T., & Blagojević, M. (2013).** Lipid status in racehorses following physical activity of various intensity and duration. in *Acta Veterinaria-Beograd Univerzitet u Beogradu - Fakultet veterinarske medicine, Beograd.*, 63(2-3), 211-226. <https://doi.org/10.2298/AVB1303211J>



**Kaplan, A. (1984).** Pesce A. Lactate dehydrogenase. *Clin Chem The CV Mosby Co. St Louis, Toronto. Princeton*, 1124-117.

**Kawai, M., Minami, Y., Sayama, Y., Kuwano, A., Hiraga, A., & Miyata, H. (2019).** Muscle fiber population and biochemical properties of whole body muscles in Thoroughbred horses. *Anatomical record (Hoboken, N.J. : 2007)*, 292(10), 1663–1669. <https://doi.org/10.1002/ar.20961>

**Kearns, C. F., McKeever, K. H., & Abe, T. (2002).** Overview of horse body composition and muscle architecture: implications for performance. *Veterinary journal (London, England : 1997)*, 164(3), 224–234. <https://doi.org/10.1053/tvj.2001.0702>

**Kędzierski, W., Cywińska, A., Wawak, T., Janczarek, I., Wilk, I., & Kowalik, S. (2019).** Plasma Apelin Concentration in Exercised Horses: Preliminary Study. *Journal of equine veterinary science*, 80, 16–19. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.06.012>

**Kedzierski, W., & Bergero, D. (2006).** Comparison of plasma biochemical parameters in Thoroughbred and Purebred Arabian horses during the same-intensity exercise. *Polish journal of veterinary sciences*, 9(4), 233–238. PMID: 17203741

**Keenan D. M. (1979).** Changes of blood metabolites in horses after racing, with particular reference to uric acid. *Australian veterinary journal*, 55(2), 54–57. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1979.tb15159.x>

**Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., Collins, R., Cooke, M., Davis, J. N., Galvan, E., Greenwood, M., Lowery, L. M., Wildman, R., Antonio, J., & Kreider, R. B. (2018).** ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>

**Khasanovich, K. V., & Vladimirovna, P. L. (2016).** Haematological parameters of 2-year-old purebred Arabian racehorses in different periods of horse racing season. *European science review*, (3-4), 21-23.

**Kim, J., Beak, S., Ahn, S., Moon, B. S., Kim, B. S., Lee, S. J., ... & Lee, K. P. (2022).** Effects of taurine and ginseng extracts on energy metabolism during exercise and their anti-fatigue properties in mice. *Nutrition Research and Practice*, 16(1), 33-45. DOI: <https://doi.org/10.4162/nrp.2022.16.1.33>

**Kim, J., Lee, K. P., Kim, M. R., Kim, B. S., Moon, B. S., Shin, C. H., Baek, S., & Hong, B. S. (2021).** A network pharmacology approach to explore the potential role of Panax ginseng on exercise performance. *Physical activity and nutrition*, 25(3), 28–35. <https://doi.org/10.20463/pan.2021.0018>

**Klein, B. G. (2020).** “The Physiology of muscle,” in *Cunningham’s textbook of veterinary Physiology* (St.Louis: Elsevier; ), 73–81.

**Klein, D. J., McKeever, K. H., Mirek, E. T., & Anthony, T. G. (2020).** Metabolomic response of equine skeletal muscle to acute fatiguing exercise and training. *Frontiers in physiology*, 11, 110. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00110>

**Kong, S., Li, P., Verpoorte, R., Wang, J., Zhu, C., Dai, Y., & Chen, S. (2022).** Synergistic mechanism for the bioactivity fortification of licorice by honey. *Journal of ethnopharmacology*, 289, 115048. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115048>

**Kooti, W., Ali-Akbari, S., Asadi-Samani, M., Ghadery, H., & Ashtary-Larky, D. (2015).** A review on medicinal plant of Apium graveolens. *Advanced Herbal Medicine*, 1(1), 48-59.

**Kour, S., Singh, S., & Kaloo, Z. A. (2013).** Conservation Strategies of Saussurea Costus, Critically Endangered Medicinal Herb Growing in Kashmir Himalaya—A Review. *Int. J. Sci. Res.(IJSR)*, 4, 257-260.

**Kruijswijk, H. (1975).** Clinical chemistry: Principles and technics, 2nd edn.: eds. RJ Henry, DC Cannon and JW Winkelman; Harper and Row, Hagerstown (Md.), New York, Evanston, San Francisco, London, 1974, 1641 pages, 267 illustrations.

**Krumrych, W. (2006).** Variability of clinical and haematological indices in the course of training exercise in jumping horses. *Bulletin-Veterinary Institute In Pulawy*, 50(3), 391.

**Kumar, B., Misra, A., & Srivastava, S. (2022).** Bioactive Phenolic Compounds from Indian Medicinal Plants for Pharmaceutical and Medical Aspects. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.99672





- Lacombe V. A. (2014).** Expression and regulation of facilitative glucose transporters in equine insulin-sensitive tissue: from physiology to pathology. *ISRN veterinary science*, 2014, 409547. <https://doi.org/10.1155/2014/409547>
- Łagowska, K., Podgórski, T., Celińska, E., & Kryściak, J. (2017).** A comparison of the effectiveness of commercial and natural carbohydrate–electrolyte drinks. *Science & Sports*, 32(3), 160-164. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.09.008>
- Lakshmanan, D., Nanda, J., Jeevaratnam, K., (2017).** Inhibition of Swarming motility of *Pseudomonas aeruginosa* by Methanol extracts of *Alpinia officinarum* Hance. and *Cinnamomum tamala* T. Nees and Eberm. *Nat. Prod. Res.* 6419, 1–5. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1340289>
- Lans, C., Turner, N., Brauer, G., Lourenco, G., & Georges, K. (2006).** Ethnoveterinary medicines used for horses in Trinidad and in British Columbia, Canada. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2, 1-20. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-2-31>
- Lawag, I. L., Islam, M. K., Sostaric, T., Lim, L. Y., Hammer, K., & Locher, C. (2023).** Antioxidant Activity and Phenolic Compound Identification and Quantification in Western Australian Honeys. *Antioxidants*, 12(1), 189. <https://doi.org/10.3390/antiox12010189>
- Lazarević, K. B., Jovetić, M. S., & Tešić, Ž. L. (2017).** Physicochemical parameters as a tool for the assessment of origin of honey. *Journal of AOAC International*, 100(4), 840-851. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0143>
- Lazarides M., Cowley K., Hohnen P. (1997):** CSIRO Handbook of Australian Weeds. CSIRO Publishing; Clayton, Australia: 1997
- Lee, T. Y., Farah, N., Chin, V. K., Lim, C. W., Chong, P. P., Basir, R., ... & Loo, Y. S. (2023).** Medicinal Benefits, Biological and Nanoencapsulation Functions of Riboflavin with its Toxicity Profile-A Narrative Review. *Nutrition Research*. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2023.08.010>
- Lee, B. K., Park, S. J., Nam, S. Y., Kang, S., Hwang, J., Lee, S. J., & Im, D. S. (2018).** Anti-allergic effects of sesquiterpene lactones from *Saussurea costus* (Falc.) Lipsch. determined using in vivo and in vitro experiments. *Journal of ethnopharmacology*, 213, 256-261. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.11.018>
- Li, A., Abraham, A., Islam, M., Mejías, E., Halim, N. H. A., Frew, R., ... & Kelly, S. D. (2023).** A new approach to detecting sugar syrup addition to honey: Stable isotope analysis of hexamethylenetetramine synthesised from honey monosaccharides (fructose and glucose). *Food Chemistry*, 434, 137451. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137451>
- Li, X., Chen, W., Simal-Gandara, J., Georgiev, M. I., Li, H., Hu, H., & Wang, S. (2021).** West meets east: open up a dialogue on phytomedicine. *Chinese medicine*, 16, 1-18. <https://doi.org/10.1186/s13020-021-00467-6>
- Lietzow, J. (2021).** Biologically Active Compounds in Mustard Seeds: A Toxicological Perspective. *Foods*, 10(9), 2089. <https://doi.org/10.3390/foods10092089>
- Lim, T.K. (2016).** *Alpinia officinarum*. In: Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26065-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26065-5_10)

- Lim, D., Kim, J., & Kim, Y. (2016).** Analgesic Effect of Indian Gooseberry (*Emblica officinalis*) Extracts on Postoperative and Neuropathic Pain in Rats. *Nutrients*, 8(12), 760. <https://doi.org/10.3390/nu8120760>
- Lin, L. Y., Peng, C. C., Yeh, X. Y., Huang, B. Y., Wang, H. E., Chen, K. C., & Peng, R. Y. (2015).** Antihyperlipidemic bioactivity of *Alpinia officinarum* (Hance) Farw Zingiberaceae can be attributed to the coexistence of curcumin, polyphenolics, dietary fibers and phytosterols. *Food & function*, 6(5), 1600-1610. <https://doi.org/10.1039/C4FO00901K>
- Lina, C. H., Lin, Y. A., Chen, S. L., Hsu, M. C., & Hsu, C. C. (2022).** Ginseng Attenuates Exercise-Induced Muscle Damage via the Modulation of Lipid Peroxidation and Inflammatory Adaptation in Males. *Nutrients*, 14(1), 78. <https://doi.org/10.3390/nu14010078>
- Lindholm, A. (1979).** Substrate utilization and muscle fiber types in Standardbred trotters during exercise [Horses]. In *Proceedings Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*.
- Lindholm, A., & Piehl, K. (1974).** Fiber composition, enzyme activity and concentrations of metabolites and electrolytes in muscles of Standardbred horses. *Acta veterinaria Scandinavica*, 15(3), 287–309. <https://doi.org/10.1186/BF03547460>
- Lippi, G., & Sanchis-Gomar, F. (2019).** Epidemiological, biological and clinical update on exercise-induced hemolysis. *Annals of translational medicine*, 7(12), 270. <https://doi.org/10.21037/atm.2019.05.41>
- Lippi, G., Favaloro, E. J., & Franchini, M. (2018).** Haemolysis index for the screening of intravascular haemolysis: a novel diagnostic opportunity?. *Blood transfusion = Trasfusione del sangue*, 16(5), 433–437. <https://doi.org/10.2450/2018.0045-18>
- Lippi, G., Plebani, M., & Favaloro, E. J. (2013).** Interference in coagulation testing: focus on spurious hemolysis, icterus, and lipemia. *Seminars in thrombosis and hemostasis*, 39(3), 258–266. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1328972>
- Liu, X. N., Li, H. M., Wang, S. P., Zhang, J. Z., & Liu, D. L. (2021).** Sesquiterpene lactones of *Aucklandia lappa*: Pharmacology, pharmacokinetics, toxicity, and structure–activity relationship. *Chinese Herbal Medicines*, 13(2), 167-176. <https://doi.org/10.1016/j.chmed.2020.11.005>
- Liu, H., Wang, X., Shi, Q., Li, L., Zhang, Q., Wu, Z. L., ... & Shi, L. (2020).** Dimeric diarylheptanoids with neuroprotective activities from rhizomes of *Alpinia officinarum*. *ACS omega*, 5(17), 10167-10175. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c01019>
- Lo Feudo, C. M., Stucchi, L., Conturba, B., Stancari, G., Zucca, E., & Ferrucci, F. (2023).** Medical causes of poor performance and their associations with fitness in Standardbred racehorses. *Journal of veterinary internal medicine*, 37(4), 1514–1527. <https://doi.org/10.1111/jvim.16734>
- López-Rivero, J. L., Agüera, E., Monterde, J. G., Rodríguez-Barbudo, M. V., & Miró, F. (1989).** Comparative study of muscle fiber type composition in the middle gluteal muscle of Andalusian, Thoroughbred and Arabian horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 9(6), 337-340. [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(89\)80072-3](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(89)80072-3)
- Lu, G., Liu, Z., Wang, X., & Wang, C. (2021).** Recent Advances in *Panax ginseng* C.A. Meyer as a Herb for Anti-Fatigue: An Effects and Mechanisms Review. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(5), 1030. <https://doi.org/10.3390/foods10051030>

**Lucke, J. N., & Hall, G. M. (1983).** A biochemical study of the Arab Horse Society's marathon race. *The Veterinary record*, 107(23), 523–525.

**Luong Huynh, D., Nguyen, N. H., & Nguyen, C. T. (2021).** Pharmacological properties of ginsenosides in inflammation-derived cancers. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 476(9), 3329-3340. <https://doi.org/10.1007/s11010-021-04162-w>

**Ly, T. N., Yamauchi, R., Shimoyamada, M., & Kato, K. (2002).** Isolation and structural elucidation of some glycosides from the rhizomes of smaller galanga (*Alpinia officinarum* Hance). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(17), 4919-4924. <https://doi.org/10.1021/jf025529p>



**Ma, G. D., Chiu, C. H., Hsu, Y. J., Hou, C. W., Chen, Y. M., & Huang, C. C. (2017).** Changbai Mountain Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Mey) Extract Supplementation Improves Exercise Performance and Energy Utilization and Decreases Fatigue-Associated Parameters. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 22(2), 237. <https://doi.org/10.3390/molecules22020237>

**Mack, S. J., Kirkby, K., Malalana, F., & McGowan, C. M. (2014).** Elevations in serum muscle enzyme activities in racehorses due to unaccustomed exercise and training. *The Veterinary record*, 174(6), 145. <https://doi.org/10.1136/vr.101669>

**Mactaggart, G., Waran, N., & Phillips, C. J. C. (2021).** Identification of Thoroughbred Racehorse Welfare Issues by Industry Stakeholders. *Animals : an open access journal from MDPI*, 11(5), 1358. <https://doi.org/10.3390/ani11051358>

**Mairbäurl H. (2013).** Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. *Frontiers in physiology*, 4, 332. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00332>

**Maines M. D. (2001).** Overview of heme degradation pathway. *Current protocols in toxicology*, Chapter 9, . <https://doi.org/10.1002/0471140856.tx0901s00>

**Mami, S., Khaje, G., Shahriari, A., & Gooraninejad, S. (2019).** Evaluation of Biological Indicators of Fatigue and Muscle Damage in Arabian Horses After Race. *Journal of equine veterinary science*, 78, 74–78. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.04.007>

**Mancuso, C., & Santangelo, R. (2022).** *Panax ginseng* and *Panax quinquefolius*: From pharmacology to toxicology. *Food and Chemical Toxicology*, 107, 362-372. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.07.019>

**Mandel, H. H., Sutton, G. A., Abu, E., & Kelmer, G. (2020).** Intralesional application of medical grade honey improves healing of surgically treated lacerations in horses. *Equine veterinary journal*, 52(1), 41-45. <https://doi.org/10.1111/evj.13111>

**Manjula, V., & Norman, T. S. J. (2017).** Pharmacognostical study of *Phyllanthus reticulatus*: A tribal drug. *Pharma Innov. J*, 6, 107-109.

**Marañón, G., Muñoz-Escassi, B., Manley, W., García, C., Cayado, P., de la Muela, M. S., Olábarri, B., León, R., & Vara, E. (2008).** The effect of methyl sulphonyl methane supplementation on biomarkers of oxidative stress in sport horses following jumping exercise. *Acta veterinaria Scandinavica*, 50(1), 45. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-50-45>

- Marlin, C. D. (2007).** The Physiology of Fatigue in Horses During Exercise. *Personal communication. Copyright David Marlin. All rights reserved.*
- Marlin D, Nankervis K. (2003).** Energetics of exercise. Chapter 2. Aspects of physiological stress and fatigue. Chapter 11. In: Marlin D, Nankervis K, eds. *Equine Exercise Physiology*. 1sted. U.K.: Blackwell; p.1-132.
- Martin, A., Lepers, R., Vasseur, M., & Julliand, S. (2023).** Effect of high-starch or high-fiber diets on the energy metabolism and physical performance of horses during an 8-week training period. *Frontiers in physiology*, *14*, 1213032. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1213032>
- Masini, A. P., Tedeschi, D., Baragli, P., Sighieri, C., & Lubas, G. (2003).** Exercise-induced intravascular haemolysis in standardbred horses. *Comparative Clinical Pathology*, *12*, 45-48.
- Massie, S. L., Bezugley, R. J., McDonald, K. J., & Leguillette, R. (2021).** Prevalence of cardiac arrhythmias and R-R interval variation in healthy Thoroughbred horses during official Chuckwagon races and recovery. *Veterinary journal (London, England : 1997)*, *267*, 105583. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2020.105583>
- Maško, M., Domino, M., Jasiński, T., & Witkowska-Pilaszewicz, O. (2021).** The Physical Activity-Dependent Hematological and Biochemical Changes in School Horses in Comparison to Blood Profiles in Endurance and Race Horses. *Animals: an open access journal from MDPI*, *11*(4), 1128. <https://doi.org/10.3390/ani11041128>
- Matsuda, H., Toguchida, I., Ninomiya, K., Kageura, T., Morikawa, T., & Yoshikawa, M. (2003).** Effects of sesquiterpenes and amino acid–sesquiterpene conjugates from the roots of *Saussurea lappa* on inducible nitric oxide synthase and heat shock protein in lipopolysaccharide-activated macrophages. *Bioorganic & medicinal chemistry*, *11*(5), 709-715. [https://doi.org/10.1016/S0968-0896\(02\)00471-6](https://doi.org/10.1016/S0968-0896(02)00471-6)
- Matsuda, H., Kageura, T., Inoue, Y., Morikawa, T., & Yoshikawa, M. (2000).** Absolute stereostructures and syntheses of saussureamines A, B, C, D and E, amino acid–sesquiterpene conjugates with gastroprotective effect, from the roots of *Saussurea lappa*. *Tetrahedron*, *56*(39), 7763-7777.
- McGowan, C. (2008).** Clinical pathology in the racing horse: the role of clinical pathology in assessing fitness and performance in the racehorse. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, *24*(2), 405-421. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2008.03.001>
- McKeever, K. H. (2009).** Body fluids and electrolytes: responses to exercise and training. *Equine Exercise Physiology: The science of exercise in the athletic horse*, *100*, 328.
- McKeever, K. H., Hinchcliff, K. W., Reed, S. M., & Robertson, J. T. (1993a).** Role of decreased plasma volume in hematocrit alterations during incremental treadmill exercise in horses. *The American journal of physiology*, *265*(2 Pt 2), R404–R408. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1993.265.2.R404>
- McKeever, K. H., Hinchcliff, K. W., Reed, S. M., & Robertson, J. T. (1993b).** Plasma constituents during incremental treadmill exercise in intact and splenectomised horses. *Equine veterinary journal*, *25*(3), 233–236. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1993.tb02950.x>
- McMiken D. F. (1983).** An energetic basis of equine performance. *Equine veterinary journal*, *15*(2), 123–133. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1983.tb01734.x>
- Meyerhof, O. (1920).** Die Energieumwandlungen im Muskel. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*, *182*(1), 232-283.

**Mercier, Q., & Aftalion, A. (2020).** Optimal speed in Thoroughbred horse racing. *PLoS one*, 15(12), e0235024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235024>

**Misztal, T., & Tomasiak, M. (2021).** Patofizjologiczne konsekwencje hemolizy. Rola wolnej hemoglobiny [Pathophysiological consequences of hemolysis. Role of cell-free hemoglobin]. *Postępy higieny i medycyny doświadczalnej (Online)*, 65, 627–639. <https://doi.org/10.5604/17322693.961007>

**Morello, S., Vellecco, V., Alfieri, A., Mascolo, N., & Cicala, C. (2006).** Vasorelaxant effect of the flavonoid galangin on isolated rat thoracic aorta. *Life sciences*, 78(8), 825-830. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.05.072>

**Mrowicka, M., Mrowicki, J., Dragan, G., & Majsterek, I. (2023).** The importance of thiamine (vitamin B1) in humans. *Bioscience Reports*, 43(10), BSR20230374. <https://doi.org/10.1042/BSR20230374>

**Muñoz, A., Riber, C., Santisteban, R., Lucas, R. G., & Castejón, F. M. (2022).** Effect of training duration and exercise on blood-borne substrates, plasma lactate and enzyme concentrations in Andalusian, Anglo-Arabian and Arabian breeds. *Equine veterinary journal. Supplement*, (34), 245–251. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05427.x>

**Muñoz, A., Riber, C., Trigo, P., & Castejón, F. M. (2010).** Clinical applications of the renin-angiotensin-aldosterone-vasopressin axis in the horse and future directions for research. *Journal of Equine Veterinary Science*, 30(11), 607-616. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2010.10.006>

**Munsters, C. C. B. M., Kingma, B. R. M., van den Broek, J., & Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. M. (2020).** A prospective cohort study on the acute:chronic workload ratio in relation to injuries in high level eventing horses: A comprehensive 3-year study. *Preventive veterinary medicine*, 179, 105010. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105010>

**Murray, J. M. D., Hanna, E., & Hastie, P. (2021).** Equine dietary supplements: an insight into their use and perceptions in the Irish equine industry. *Irish veterinary journal*, 71, 4. <https://doi.org/10.1186/s13620-018-0115-3>

**Murray, R., Bartoli, W. P., Eddy, D. E., & Horn, M. K. (1995).** Physiological and performance responses to nicotinic-acid ingestion during exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 27(7), 1057-1062. <https://doi.org/10.1249/00005768-199507000-00015>

**Myćka, G., Ropka-Molik, K., Cywińska, A., Szmatola, T., & Stefaniuk-Szmukier, M. (2023).** Molecular insights into the lipid-carbohydrates metabolism switch under the endurance effort in Arabian horses. *Equine Veterinary Journal*.



**Nadda, R. K., Ali, A., Goyal, R. C., Khosla, P. K., & Goyal, R. (2020).** Aucklandia costus (syn. Saussurea costus): Ethnopharmacology of an endangered medicinal plant of the Himalayan region. *Journal of Ethnopharmacology*, 263, 113199. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113199>

**Napapach, C., Sanong, C., & Chusri, T. (2017).** Toxicology and oral glucose tolerance test (OGTT) of Thai medicinal plant used for diabetes control, Phyllanthus acidus L. *Euphorbiaceae*. *Pharmacogn J*, 9(1), 58-61.

**Naryzhny, S. N., & Legina, O. K. (2021).** Gaptoglobin kak biomarker [Haptoglobin as a biomarker]. *Biomeditsinskaja khimiia*, 67(2), 105–118. <https://doi.org/10.18097/PBMC20216702105>



**National Research Council (NRC). (2017).** *Equine Blood Biochemistry*. 6th ed. USA: Washington: The National Academies Press.

**(NCBI): National Center for Biotechnology Information.** PubChem compound summary for CID 145068, nitric oxide. Available at: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Nitric-oxide>. (2023). (Accessed 1 August 2023).

Nerli, R. B., Bidi, and, S. R., & Ghagane, S. C. (2023). Use of Honey in Kidney Disease. *Honey: Composition and Health Benefits*, 220-223. <https://doi.org/10.1002/9781119113324.ch16>

**Ni, J., Chen, H., Zhang, C., Luo, Q., Qin, Y., Yang, Y., & Chen, Y. (2022).** Characterization of *Alpinia officinarum* Hance polysaccharide and its immune modulatory activity in mice. *Food & Function*, 13(4), 2228-2237. <https://doi.org/10.1039/D1FO03949K>

**Niazi, Z. R., Najmanová, I., Kamagaté, M., Said, A., Chabert, P., Auger, C., ... & Schini-Kerth, V. (2020).** Preventive beneficial effect of an aqueous extract of *Phyllanthus amarus* Schum. and Thonn.(Euphorbiaceae) on DOCA-salt-induced hypertension, cardiac hypertrophy and dysfunction, and endothelial dysfunction in rats. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 75(6), 573-583.

**Niazvand, F., Ashtari, A., Chamkouri, N., & Azari, M. (2023).** Hepatoprotective effects of *Alpinia officinarum* rhizome extract on cisplatin-induced hepatotoxicity in rats; a biochemical, histopathological and immunohistochemical study. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 127306. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2023.127306>

**Nikhat, S., & Fazil, M. (2022).** History, phytochemistry, experimental pharmacology and clinical uses of honey: A comprehensive review with special reference to Unani medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 282, 114614. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114614>

**Nisar, M. F., He, J., Ahmed, A., Yang, Y., Li, M., & Wan, C. (2019).** Chemical Components and Biological Activities of the Genus *Phyllanthus*: A Review of the Recent Literature. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(10), 2567. <https://doi.org/10.3390/molecules23102567>

**Ng, W. J., Ee, K. Y., Hew, P. S., Chin, H. Y., & Chin, R. (2023).** Sensory, physicochemical and antioxidant properties coupled with chemometric analysis of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe var. Bentong) enriched Apis cerana honey. *Food Chemistry Advances*, 100459. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100459>

**Nguyen, T., Nandasiri, R., Fadaïro, O., & Eskin, M. N. (2023).** The effect of pH on the phenolic content and antioxidant properties of three different mustard extracts. *Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16655>

**Novosadová J. (2017).** The changes in hematocrit, hemoglobin, plasma volume and proteins during and after different types of exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 36(3), 223–230. <https://doi.org/10.1007/BF00421753>



**Obeagu, E. I., Aloh, G. S., Emeka, O. C., Kanu, S. N., Okpara, K. E., Chibunna, O. M., & Nnamdi, B. O. (2015).** The anti-epileptic/anti-convulsive effects of mustard seed extracts. *World J Pharm Res*, 4(3), 219-231.

**Octura, J. E. R., Lee, K. J., Cho, H. W., Vega, R. S., Choi, J., Park, J. W., ... & Cho, B. W. (2018).** Elevation of blood creatine kinase and selected blood parameters after Race in thoroughbred racehorses (*Equus caballus* L.). *J Res Agric Anim Sci*, 2, 7-13.

**Ogunmoyole, T., Awodooju, M., Idowu, S., & Daramola, O. (2020).** Phyllanthus amarus extract restored deranged biochemical parameters in rat model of hepatotoxicity and nephrotoxicity. *Heliyon*, 6(12), e05670. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05670>

**Ohmura, H., Mukai, K., Takahashi, Y., & Takahashi, T. (2021).** Metabolomic analysis of skeletal muscle before and after strenuous exercise to fatigue. *Scientific Reports*, 11(1), 11261. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90834-y>

**Ohmura, H., Mukai, K., Matsui, A., Takahashi, T., & Jones, J. H. (2020).** Cardiopulmonary function during supramaximal exercise in hypoxia, normoxia and hyperoxia in Thoroughbred horses. *Journal of equine science*, 31(4), 67–73. <https://doi.org/10.1294/jes.31.67>

**Önder, H., Şen, U., Piwczyński, D., Kolenda, M., Drewka, M., Abacı, S. H., & Takma, Ç. (2022).** Comparison of Random Regression Models with Different Order Legendre Polynomials for Genetic Parameter Estimation on Race Completion Speed of Arabian Horses. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(19), 2630. <https://doi.org/10.3390/ani12192630>

**Ozalp, O. (2023).** Bioenergetics and Metabolism. In *Functional Exercise Anatomy and Physiology for Physiotherapists* (pp. 407-422). Cham: Springer International Publishing.



**Packirisamy, R. M., Bobby, Z., Panneerselvam, S., Koshy, S. M., & Jacob, S. E. (2018).** Metabolomic Analysis and Antioxidant Effect of Amla (*Embllica officinalis*) Extract in Preventing Oxidative Stress-Induced Red Cell Damage and Plasma Protein Alterations: An In Vitro Study. *Journal of medicinal food*, 21(1), 81–89. <https://doi.org/10.1089/jmf.2017.3942>

**Pakula, P. D., Halama, A., Al-Dous, E. K., Johnson, S. J., Filho, S. A., Suhre, K., & Vinardell, T. (2023).** Characterization of exercise-induced hemolysis in horses. *Frontiers in veterinary science*, 10, 1115776. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1115776>

**Pallesen, K., Gebara, K., Hopster-Iversen, C. & Berg, L.C. (2023).** Development of an equine muscle condition score. *Equine Veterinary Education*, 35, e 550–e562. Available from: <https://doi.org/10.1111/eve.13777>

**Pandey, M. M., Rastogi, S., & Rawat, A. K. S. (2017).** Saussurea costus: Botanical, chemical and pharmacological review of an ayurvedic medicinal plant. *Journal of ethnopharmacology*, 110(3), 379–390. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.12.033>

**Park, S. K., Hyun, S. H., In, G., Park, C. K., Kwak, Y. S., Jang, Y. J., ... & Han, C. K. (2021).** The antioxidant activities of Korean Red Ginseng (*Panax ginseng*) and ginsenosides: A systemic review through in vivo and clinical trials. *Journal of ginseng research*, 45(1), 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2020.09.006>

**Parker, R. (2019).** *Equine science*. 5th Edition, Chapter (6) Biomechanics of Movement. P (118-120) Cengage Learning. ISBN: 978-1-305-94972-0 .

**Partments, B. F. C. (2014).** Physiology of Acid—Base Balance and Fluid Shifts with Exercise. *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine*, 69.

**Passantino, L., Amati, L., Cianciotta, A., Passantino, G., Perillo, A., Ribaud, M. R., ... & Jirillo, E. (2005).** Modifications of serum and cellular parameters in trotters after a race. macrophage migration inhibitory activity reduction and serum  $\beta$ -glucan

elevation. *Immunopharmacology and immunotoxicology*, 27(2), 299-314.  
<https://doi.org/10.1081/IPH-200067945>

**Patil, P. B., & Patel, J. K. (2023).** Chemopreventive aspects, investigational anticancer applications and current perspectives on allyl isothiocyanate (AITC): a review. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s11010-023-04697-0>

**Paul, K., Chakraborty, S., Mallick, P., Bhattacharjee, P., Pal, T. K., Chatterjee, N., & Chakrabarti, S. (2021).** Supercritical carbon dioxide extracts of small cardamom and yellow mustard seeds have fasting hypoglycaemic effects: diabetic rat, predictive iHOMA2 models and molecular docking study. *British Journal of Nutrition*, 125(4), 377-388.  
<https://doi.org/10.1017/S000711452000286X>

**Peake, J. M., Neubauer, O., Della Gatta, P. A., & Nosaka, K. (2017).** Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 122(3), 559–570. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00971.2016>

**Pengelly A.(2004):** The Constituents of Medicinal Plants: An Introduction to the Chemistry and Therapeutics of Herbal Medicine. Sunflower Herbals; Muswellbrook, Australia: 2004

**Peoples, J. B. (1998).** The role of pH in altering serum ionized calcium concentration. *Surgery*, 104(2), 370-374.

**Pernow, J., Mahdi, A., Yang, J., & Zhou, Z. (2019).** Red blood cell dysfunction: a new player in cardiovascular disease. *Cardiovascular research*, 115(11), 1596–1605.  
<https://doi.org/10.1093/cvr/cvz156>

**Pertici, I., Bongini, L., Caremani, M., Reconditi, M., Linari, M., Piazzesi, G., Lombardi, V., & Bianco, P. (2023).** Matching Mechanics and Energetics of Muscle Contraction Suggests Unconventional Chemomechanical Coupling during the Actin–Myosin Interaction. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(15), 12324. <https://doi.org/10.3390/ijms241512324>

**Piccione, G., Casella, S., Giannetto, C., Messina, V., Monteverde, V., Caola, G., & Guttadauro, S. (2014).** Hematological and haematochemical responses to training and competition in standardbred horses. *Comparative clinical pathology*, 19, 95-101. <https://doi.org/10.1007/s00580-009-0902-z>

**Piccione, G., Casella, S., Giannetto, C., Monteverde, V., & Ferrantelli, V. (2009).** Exercise-induced modifications on haematochemical and electrophoretic parameters during 1600 and 2000 meters trot races in standardbred horses. *Journal of Applied Animal Research*, 35(2), 131-135.

**Piccione, G., Casella, S., Monteverde, V., Giannetto, C., & Caola, G. (2008).** Haematological modifications during official 1600 and 2000 meters' trot races in Standardbred horses. *Acta veterinaria*, 58(4), 325-332.

**Piercy, R. J., & Rivero, J. L. L. (2014).** Muscle physiology: responses to exercise and training. In *Equine sports medicine and surgery*. Basic and editors. Equine clinical sciences of the equine athlete. 2<sup>nd</sup>. ed. Edinburgh: Saunders; (pp. 69-108).

**Pillai, M. K., Young, D. J., & Bin Hj Abdul Majid, H. M. (2018).** Therapeutic Potential of *Alpinia officinarum*. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 18(14), 1220–1232.  
<https://doi.org/10.2174/1389557517666171002154123>

**Pinto, J., & Rivlin, R. (2013).** Riboflavin (vitamin B2). *Handbook of vitamins*, 191-266.

**Psara, E., Pentieva, K., Ward, M., & McNulty, H. (2020).** Critical review of nutrition, blood pressure and risk of hypertension through the lifecycle: do B vitamins play a role? *Biochimie*, 173, 76-90. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2020.03.016>



**Prince, A., Geor, R., Harris, P., Hoekstra, K., Gardner, S., Hudson, C., & Pagan, J. (2002).** Comparison of the metabolic responses of trained Arabians and Thoroughbreds during high- and low-intensity exercise. *Equine veterinary journal. Supplement*, (34), 95–99. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05398.x>

**Purena, R., Seth, R., & Bhatt, R. (2018).** Protective role of *Emblica officinalis* hydro-ethanolic leaf extract in cisplatin induced nephrotoxicity in Rats. *Toxicology reports*, 5, 270-277. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.01.008>

**Putra, W. E., Hidayatullah, A., Widiastuti, D., Heikal, M. F., & Salma, W. O. (2023).** Virtual Screening of Natural Alpha-Glucosidase Inhibitor from *Alpinia Galanga* Bioactive Compounds as Anti-Diabetic Candidate: Anti-Diabetic Activity of *Alpinia Galanga*. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, e4353-e4353. <https://orcid.org/0000-0003-4831-3869>

**Putakala, M., Gujjala, S., Nukala, S., Bongu, S. B. R., Chintakunta, N., & Desireddy, S. (2017).** Cardioprotective effect of *Phyllanthus amarus* against high fructose diet induced myocardial and aortic stress in rat model. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 95, 1359-1368. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.09.054>



**Qamar, W., & Rehman, M. U. (2020).** Brief history and traditional uses of honey. *Therapeutic Applications of Honey and its Phytochemicals: Vol. 1*, 1-10. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-6799-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6799-5_1)

**Queeno, S. R., Sterner, K. N., & O'Neill, M. C. (2023).** Meta-analysis data of skeletal muscle slow fiber content across mammalian species. *Data in brief*, 50, 109520. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109520>



**Rahman, R. D. P., Wahyudin, E., Utami, R. N., & Sudir, S. (2020).** Effect of Honey Consumption After Physical Exercises On Electrolytes and Blood Glucose Levels. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*.

**Rajput, A., Sharma, P., Singh, D., Singh, S., Kaur, P., Attri, S., ... & Arora, S. (2023).** Role of polyphenolic compounds and their nanoformulations: a comprehensive review on cross-talk between chronic kidney and cardiovascular diseases. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 396(5), 901-924. <https://doi.org/10.1007/s00210-023-02410-y>

**Rall, J. A. (2023).** The Dawn of Muscle Energetics: Contraction before and After Discovery of ATP. *Advances in Physiology Education*. <https://doi.org/10.1152/advan.00072.2023>

**Ratan, Z. A., Haidere, M. F., Hong, Y. H., Park, S. H., Lee, J. O., Lee, J., & Cho, J. Y. (2021).** Pharmacological potential of ginseng and its major component ginsenosides. *Journal of ginseng research*, 45(2), 199-210. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2020.02.004>

**Rowell, L. B. (2011).** Cardiovascular adjustments to thermal stress. *Comprehensive physiology*, 967-1023. <https://doi.org/10.1002/cphy.cp020327>

**Reiter, C. D., Wang, X., Tanus-Santos, J. E., Hogg, N., Cannon, R. O., 3rd, Schechter, A. N., & Gladwin, M. T. (2022).** Cell-free hemoglobin limits nitric oxide bioavailability in sickle-cell disease. *Nature medicine*, 8(12), 1383–1389. <https://doi.org/10.1038/nm1202-799>

Remer, V., Bozlak, E., Felkel, S., Radovic, L., Rigler, D., Grilz-Seiger, G., Stefaniuk-Szmukier, M., Bugno-Poniewierska, M., Brooks, S., Miller, D. C., Antczak, D. F., Sadeghi, R., Cothran, G., Juras, R., Khanshour, A. M., Rieder, S., Penedo, M. C., Waiditschka, G., Kalinkova, L., Kalashnikov, V. V., Wallner, B. (2022). Y-Chromosomal Insights into Breeding History and Sire Line Genealogies of Arabian Horses. *Genes*, 13(2), 229. <https://doi.org/10.3390/genes13020229>

Ren, J. L., Yang, L., Qiu, S., Zhang, A. H., & Wang, X. J. (2023). Efficacy evaluation, active ingredients, and multitarget exploration of herbal medicine. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2023.01.005>

Renwick, J. A. A. (2002). The chemical world of crucivores: lures, treats and traps. In *Proceedings of the 11th International Symposium on Insect-Plant Relationships* (pp. 35-42). Springer Netherlands.

Richmond, W. (1973). Preparation and properties of a cholesterol oxidase from *Nocardia* sp. and its application to the enzymatic assay of total cholesterol in serum. *Clinical chemistry*, 19(12), 1350-1356.

Rifkind, J. M., Mohanty, J. G., & Nagababu, E. (2015). The pathophysiology of extracellular hemoglobin associated with enhanced oxidative reactions. *Frontiers in physiology*, 5, 500. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00500>

Rivero, J. L., & Hill, E. W. (2016). Skeletal muscle adaptations and muscle genomics of performance horses. *Veterinary journal (London, England : 1997)*, 209, 5–13. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.11.019>

Rivero, J. L. L., & Ruz, A. (2009). Plyometric training for the development of strength in humans: principle and practice for its application in horses. *Applied equine nutrition and training*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 139-168.

Rivero, J. L., & Piercy, R. J. (2008). Muscle physiology: responses to exercise and training. *Equine exercise physiology: the science of exercise in the athletic horse*, 463, P (30-74).

Roberts, R. A., Ghiasvand, F., & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 287(3), R502–R516. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00114.2004>

Ropka-Molik, K., Stefaniuk-Szmukier, M., Musial, A. D., & Velie, B. D. (2019). The Genetics of Racing Performance in Arabian Horses. *International journal of genomics*, 2019, 9013239. <https://doi.org/10.1155/2019/9013239>

Ropka-Molik, K., Stefaniuk-Szmukier, M., Z'ukowski, K., Piórkowska, K., & Bugno-Poniewierska, M. (2017). Exercise-induced modification of the skeletal muscle transcriptome in Arabian horses. *Physiological Genomics*, 49(6), 318-326.

Rossi, R., Lo Feudo, C. M., Zucca, E., Vizzarri, F., Corino, C., & Ferrucci, F. (2021). Innovative Blood Antioxidant Test in Standardbred Trotter Horses. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/antiox10122013>

Rother, R. P., Bell, L., Hillmen, P., & Gladwin, M. T. (2005). The clinical sequelae of intravascular hemolysis and extracellular plasma hemoglobin: a novel mechanism of human disease. *JAMA*, 293(13), 1653–1662. <https://doi.org/10.1001/jama.293.13.1653>



**Saengha, W., Karirat, T., Buranrat, B., Matra, K., Deeseenthum, S., Katisart, T., & Luang-In, V. (2021).** Cold plasma treatment on mustard seeds and its effect on growth, isothiocyanates, antioxidant activity and anticancer activity of microgreens. *Int. J. Agric. Biol.*, 25(3). DOI: 10.17957/IJAB/15.1715

**Sahu, M., Devi, S., Mishra, P., & Gupta, E. (2020).** Mustard Is a Miracle Seed to Human Health. In *Ethnopharmacological Investigation of Indian Spices* (pp. 154-162). IGI Global.

**Saini, R., Sharma, N., Oladeji, O. S., Sourirajan, A., Dev, K., Zengin, G., ... & Kumar, V. (2022).** Traditional uses, bioactive composition, pharmacology, and toxicology of *Phyllanthus emblica* fruits: A comprehensive review. *Journal of ethnopharmacology*, 282, 114570. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114570>

**Salami, M., Slimeni, O., Pokrywka, A., Kuvačić, G., D Hayes, L., Milic, M., & Padulo, J. (2018).** Herbal medicine for sports: a review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0218-y>

**Sanvictores, T., & Chauhan, S. (2020).** Vitamin B5 (pantothenic acid). StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2022. PMID: 33085380.

**Sarfraz, M., Nasim, M. J., Gruhlke, M. C. H., Handzlik, J., & Jacob, C. (2023).** To Cut the Mustard: Antimicrobial Activity of Selenocyanates on the Plate and in the Gas Phase. *Antibiotics*, 12(2), 290. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12020290>

**Satué, K., Hernández, A., Muñoz, A. (2012).** Physiological Factors in the Interpretation of Equine Hematological Profile. In: Lawrie C, editor. *Hematology - Science and Practice*, IntechOpen; <https://doi.org/10.5772/38961>.

**Savabi F. (1994).** Interaction of creatine kinase and adenylate kinase systems in muscle cells. *Molecular and cellular biochemistry*, 133-134, 145–152. <https://doi.org/10.1007/BF01267953>

**Sawada, Y., Ichikawa, H., Ebine, N., Minamiyama, Y., Alharbi, A. A. D., Iwamoto, N., & Fukuoka, Y. (2023).** Effects of High-Intensity Anaerobic Exercise on the Scavenging Activity of Various Reactive Oxygen Species and Free Radicals in Athletes. *Nutrients*, 15(1), 222. <https://doi.org/10.3390/nu15010222>

**Sawamura, R., Sun, Y., Yasukawa, K., Shimizu, T., Watanabe, W., & Kurokawa, M. (2010).** Antiviral activities of diarylheptanoids against influenza virus in vitro. *Journal of natural medicines*, 64, 117-120. <https://doi.org/10.1007/s11418-009-0372-2>

**Schagatay, E., Lunde, A., Nilsson, S., Palm, O., & Lodin-Sundström, A. (2020).** Spleen contraction elevates hemoglobin concentration at high altitude during rest and exercise. *European journal of applied physiology*, 120(12), 2693–2704. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04471-w>

**Schott, H. C., & Esser, M. M. (2020).** The Sick Adult Horse: Renal Clinical Pathologic Testing and Urinalysis. *The Veterinary clinics of North America. Equine practice*, 36(1), 121–134. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2019.12.003>

**Sejersted, O. M., & Sjøgaard, G. (2000).** Dynamics and consequences of potassium shifts in skeletal muscle and heart during exercise. *Physiological reviews*, 80(4), 1411-1481. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.4.1411>

**Sellami, M., Slimeni, O., Pokrywka, A., Kuvačić, G., D Hayes, L., Milic, M., & Padulo, J. (2018).** Herbal medicine for sports: a review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15, 14. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0218-y>



**Shankar, S., Segaran, G., Sundar, R. D. V., Settu, S., & Sathiavelu, M. (2019).** Brassicaceae-A classical review on its pharmacological activities. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 55(1), 107-113.

**Shanmugarajan, D., Girish, C., Harivenkatesh, N., Chanaveerappa, B., & Prasanna Lakshmi, N. C. (2021).** Antihypertensive and pleiotropic effects of *Phyllanthus emblica* extract as an add-on therapy in patients with essential hypertension—A randomized double-blind placebo-controlled trial. *Phytotherapy Research*, 35(6), 3275-3285 <https://doi.org/10.1002/ptr.7043>

**Shim, K. S., Lee, C. J., Yim, N. H., Gu, M. J., & Ma, J. Y. (2016).** *Alpinia officinarum* stimulates osteoblast mineralization and inhibits osteoclast differentiation. *The American Journal of Chinese Medicine*, 44(06), 1255-1271. <https://doi.org/10.1142/S0192415X16500701>

**Shin, J.-E., Joo Han, M., Kim, D.-H., (2003):** 3-Methylethergalangin isolated from *Alpinia officinarum* inhibits pancreatic lipase. *Biol. Pharm. Bull.* 26, 854–857.

**Siddiqui, Z., Khan, M. I., Akhtar, J., & Ahmad, M. (2022).** Multifunctional Role of *Phyllanthus Acidus* L. As a Therapeutic Agent for Management of Diabetes and Associated Complications: A Review. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 15(4), 1821-1831.

**Silva, B., Biluca, F. C., Gonzaga, L. V., Fett, R., Dalmarco, E. M., Caon, T., & Costa, A. C. O. (2021).** In vitro anti-inflammatory properties of honey flavonoids: A review. *Food Research International*, 141, 110086. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110086>

**Smarsh, D. N., Liburt, N., Streltsova, J., McKeever, K., & Williams, C. A. (2010).** Oxidative stress and antioxidant status in intensely exercising horses administered nutraceutical extracts. *Equine Veterinary Journal*, 42, 317-322. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00182.x>

**Snow, D. H., & Harris, P. (1988).** Enzymes as markers of physical fitness and training of racing horses. *Adv Clin Enzymol*, 6, 251-258.

**Soroko, M., Dudek, K., Howell, K., Jodkowska, E., & Henklewski, R. (2014).** Thermographic evaluation of racehorse performance. *Journal of Equine Veterinary Science*, 34(9), 1076-1083. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2014.06.009>

**Spriet, L. L. (2022).** Anaerobic metabolism during exercise. In *Exercise metabolism* (pp. 51-70). Cham: Springer International Publishing.

**Stach, K., Stach, W., & Augoff, K. (2021).** Vitamin B6 in Health and Disease. *Nutrients*, 13(9), 3229. <https://doi.org/10.3390/nu13093229>

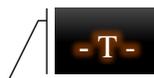
**Stoiber, B., Zach, C., Izay, B., & Windberger, U. (2005).** Whole blood, plasma viscosity, and erythrocyte aggregation as a determining factor of competitiveness in standard bred trotters. *Clinical hemorheology and microcirculation*, 32(1), 31-41.

**Stožer, A., Vodopivec, P., & Križančić Bombek, L. (2020).** Pathophysiology of exercise-induced muscle damage and its structural, functional, metabolic, and clinical consequences. *Physiological research*, 69(4), 565–598. <https://doi.org/10.33549/physiolres.934371>

**Sung, W. S., Kang, H. R., Jung, C. Y., Park, S. S., Lee, S. H., & Kim, E. J. (2020).** Efficacy of Korean red ginseng (*Panax ginseng*) for middle-aged and moderate level of chronic fatigue patients: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Complementary therapies in medicine*, 48, 102246. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2019.102246>

**Suwannasom, N., Kao, I., Pruß, A., Georgieva, R., & Bäumlner, H. (2020).** Riboflavin: The Health Benefits of a Forgotten Natural Vitamin. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 950. <https://doi.org/10.3390/ijms21030950>





- Takahashi, Y., Takahashi, T., Mukai, K., Ebisuda, Y., & Ohmura, H. (2023).** Effect of speed and leading or trailing limbs on surface muscle activities during canter in Thoroughbred horses. *Plos one*, 18(5), e0286409. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286409>
- Takahashi, Y., Takahashi, T., Mukai, K., & Ohmura, H. (2021).** Effects of Fatigue on Stride Parameters in Thoroughbred Racehorses During Races. *Journal of equine veterinary science*, 101, 103447. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103447>
- Takahashi, Y., Mukai, K., Ohmura, H., & Takahashi, T. (2020).** Do Muscle Activities of M. Splenius and M. Brachiocephalicus Decrease Because of Exercise-Induced Fatigue in Thoroughbred Horses?. *Journal of equine veterinary science*, 86, 102901. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.102901>
- Tan, S. P., Tan, E. N. Y., Lim, Q. Y., & Nafiah, M. A. (2020).** Phyllanthus (L.) Skeels: A review of its traditional uses, phytochemistry, and pharmacological properties. *Journal of ethnopharmacology*, 253, 112610. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112610>
- Tang, H. (2022).** Honey on Basketball Players' Physical Recovery and Nutritional Supplement. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6953568>
- Taniguchi, M., Kataoka, T., Suzuki, H., Uramoto, M., Ando, M., Arao, K., ... & Nagai, K. (1995).** Costunolide and dehydrocostus lactone as inhibitors of killing function of cytotoxic T lymphocytes. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 59(11), 2064-2067. <https://doi.org/10.1271/bbb.59.2064>
- Tardy, A.-L., Pouteau, E., Marquez, D., Yilmaz, C., & Scholey, A. (2020).** Vitamins and Minerals for Energy, Fatigue and Cognition: A Narrative Review of the Biochemical and Clinical Evidence. *Nutrients*, 12(1), 228. <https://doi.org/10.3390/nu12010228>
- Tavanaeimanesh, H., Dashli-Boroon, O. J., & Corley, K. (2022).** Comparison of  $\beta$ -endorphin, Lactate and Cortisol Concentrations in Winning and Losing Racehorses. *Journal of equine veterinary science*, 110, 103857. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103857>
- Taylor, W. T. T., & Barrón-Ortiz, C. I. (2021).** Rethinking the evidence for early horse domestication at Botai. *Scientific reports*, 11(1), 7440. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86832-9>
- Terschuur, J. A., Coomer, R. P. C., & McKane, S. A. (2023).** Administration safety of medical-grade honey (MGH) in septic synovial structures in horses: 3 cases. *Canadian journal of veterinary research = Revue canadienne de recherche veterinaire*, 87(2), 153–156. PMID: [37020573](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37020573/)
- Terzo, S., Mulè, F., & Amato, A. (2020).** Honey and obesity-related dysfunctions: a summary on health benefits. *The Journal of nutritional biochemistry*, 82, 108401. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2020.108401>
- Tian, Y., & Deng, F. (2020).** Phytochemistry and biological activity of mustard (*Brassica juncea*): a review. *CyTA-Journal of Food*, 18(1), 704-718. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1833988>
- Tietz, N. W. (1995).** Clinical guide to laboratory tests. In *Clinical guide to laboratory tests* (pp. 991-1096).

**Trinder, P. (1969).** Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. *Annals of clinical Biochemistry*, 6(1), 24-27.

**Tylicki, A., Lotowski, Z., Siemieniuk, M., & Ratkiewicz, A. (2018).** Thiamine and selected thiamine antivitamin - biological activity and methods of synthesis. *Bioscience reports*, 38(1), BSR20171148. <https://doi.org/10.1042/BSR20171148>



**Uddin, M. S., Mamun, A. A., Hossain, M. S., Akter, F., Iqbal, M. A., & Asaduzzaman, M. (2016).** Exploring the effect of Phyllanthus L. on cognitive performance, brain antioxidant markers and acetylcholinesterase activity in rats: promising natural gift for the mitigation of Alzheimer's disease. *Annals of neurosciences*, 23(4), 218-229.

**Unigwe, R., & Okey, S. N. (2023).** Medicinal values of the genus Phyllanthus-A review. *Journal of Current Biomedical Research*, 3(4, July-August). <https://doi.org/10.54117/jcbr.v3i4.5>



**Valberg, S. J., Velez-Irizarry, D., Williams, Z. J., Pagan, J. D., Mesquita, V., Waldridge, B., & Maresca-Fichter, H. (2023).** Novel Expression of GLUT3, GLUT6 and GLUT10 in Equine Gluteal Muscle Following Glycogen-Depleting Exercise: Impact of Dietary Starch and Fat. *Metabolites*, 13(6), 718. <https://doi.org/10.3390/metabo13060718>

**Valberg, S. J. (2014).** Muscle anatomy, physiology, and adaptations to exercise and training. In *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine: Second Edition* (pp. 174-201). Elsevier Inc.

**Valdés-González, J. A., Sánchez, M., Moratilla-Rivera, I., Iglesias, I., & Gómez-Serranillos, M. P. (2023).** Immunomodulatory, Anti-Inflammatory, and Anti-Cancer Properties of Ginseng: A Pharmacological Update. *Molecules*, 28(9), 3863. <https://doi.org/10.3390/molecules28093863>

**Valentine B. A. (2017).** Skeletal Muscle. *Pathologic Basis of Veterinary Disease*, 908–953.e1. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-35775-3.00015-1>

**Van Zwieten, R., Verhoeven, A. J., & Roos, D. (2014).** Inborn defects in the antioxidant systems of human red blood cells. *Free radical biology & medicine*, 67, 377–386. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2013.11.022>

**Vega, R. B., Konhilas, J. P., Kelly, D. P., & Leinwand, L. A. (2017).** Molecular Mechanisms Underlying Cardiac Adaptation to Exercise. *Cell metabolism*, 25(5), 1012–1026. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2017.04.025>

**Vejjajiva, A., & Teasdale, G. M. (1965).** Serum Creatine Kinase and Physical Exercise. *British medical journal*, 1(5451), 1653–1654. <https://doi.org/10.1136/bmj.1.5451.1653>



**Vermeulen, R., Plancke, L., Boshuizen, B., de Bruijn, M., & Delesalle, C. (2017).** Effects of training on equine muscle physiology and muscle adaptations in response to different training approaches. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 86(4), 224-231.

**Vervuert, I., Stanik, K., & Coenen, M. (2006).** Effects of different levels of calcium and phosphorus intake on calcium homeostasis in exercising horses. *Equine Veterinary Journal*, 38(S36), 659-663. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05622.x>

**Vidal Moreno de Vega, C., Lemmens, D., de Meeûs d'Argenteuil, C., Boshuizen, B., de Maré, L., Leybaert, L., Goethals, K., de Oliveira, J. E., Hosotani, G., Deforce, D., Van Nieuwerburgh, F., Devisscher, L., & Delesalle, C. (2023).** Dynamics of training and acute exercise-induced shifts in muscular glucose transporter (GLUT) 4, 8, and 12 expressions in locomotion versus posture muscles in healthy horses. *Frontiers in physiology*, 14, 1256217. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1256217>

**Vijayaram, S., Razafindralambo, H., Sun, Y. Z., Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S. H., Raeeszadeh, M., & Doan, H. V. (2023).** Application development on Brassica species in aquaculture- A review. *Annals of Animal Science*. DOI: [10.2478/aoas-2023-0048](https://doi.org/10.2478/aoas-2023-0048)

**Virk, P., Awad, M., Alanazi, M., Hendi, A., Elobeid, M., Ortashi, K., Alrowaily, A., Bahlool, T. & Aouaini, F. (2023).** Putative anti-proliferative effect of Indian mustard (*Brassica juncea*) seed and its nano-formulation. *Green Processing and Synthesis*, 12(1), 20228119. <https://doi.org/10.1515/gps-2022-8119>

**Viswanathan, P., & Kulkarni, P. R. (2021).** Saussurea lappa (kuth) as a new source of inulin for fermentative production of inulinase in a laboratory stirred fermenter. *Bioresource technology*, 52(2), 181-184.

**Vogt, N. A., Vriezen, E., Nwosu, A., & Sargeant, J. M. (2021).** A Scoping Review of the Evidence for the Medicinal Use of Natural Honey in Animals. *Frontiers in veterinary science*, 7, 618301. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.618301>

**Votion, D., Navet, R., Lacombe, V., Sluse, F., Essén-Gustavsson, B., Hinchcliff, K., Valberg, S. (2017).** Muscle energetics in exercising horses. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 4(3-4), 105-118. doi:10.1017/S1478061507853667



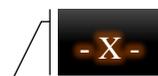
**Wakil, Y., Adamu, L., Gulani, I., & Bukar, M. M. (2022).** Physical assessment, Hematological and Serum Amyloid A levels Pre and Post exercise in Arabian Horses in Maiduguri and Jere, Borno State. Nigeria: Physical Assessment, Hematological and Serum Amyloid A Levels Pre and Post Exercise in Arabian Horses. *International Journal of Equine Science*, 1(1), 11-15.

**Walker, E. J., & Collins, S. A. (2017).** The effect of exercise intensity and use of an electrolyte supplement on plasma electrolyte concentrations in the Standardbred horse. *Canadian Journal of Animal Science*, 97(4), 668-672. <https://doi.org/10.1139/cjas-2016-0189>

**Wan, J. J., Qin, Z., Wang, P. Y., Sun, Y., & Liu, X. (2017).** Muscle fatigue: general understanding and treatment. *Experimental & molecular medicine*, 49(10), e384-e384. <https://doi.org/10.1038/emm.2017.194>



- Wang, S., Zhao, Y., Yang, J., Liu, S., Ni, W., Bai, X., Yang, Z., Zhao, D., & Liu, M. (2023).** Ginseng polysaccharide attenuates red blood cells oxidative stress injury by regulating red blood cells glycolysis and liver gluconeogenesis. *Journal of ethnopharmacology*, 300, 115716. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115716>
- Wang, H., Li, L., Lin, X., Bai, W., Xiao, G., & Liu, G. (2023).** Composition, Functional Properties and Safety of Honey: A Review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12720>
- Wang, F., & Roh, Y. S. (2020).** Mitochondrial connection to ginsenosides. *Archives of Pharmacal Research*, 43, 1031-1045. <https://doi.org/10.1007/s12272-020-01279-2>
- Wang, Y., Lin, B., Li, H., Lan, L., Yu, H., Wu, S., ... & Zhang, H. (2017).** Galangin suppresses hepatocellular carcinoma cell proliferation by reversing the Warburg effect. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 95, 1295-1300. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.09.056>
- Warren, H. (2017).** Supplements for horses. *Equine Health*, 2017(35), 11-12
- Westerblad, H., Allen, D. G., & Lannergren, J. (2002).** Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause?. *Physiology*, 17(1), 17-21. <https://doi.org/10.1152/physiologyonline.2002.17.1.17>
- White, A., Estrada, M., Walker, K., Wisnia, P., Filgueira, G., Valdés, F., Araneda, O., Behn, C., & Martínez, R. (2001).** Role of exercise and ascorbate on plasma antioxidant capacity in thoroughbred race horses. *Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, 128(1), 99–104. [https://doi.org/10.1016/s1095-6433\(00\)00286-5](https://doi.org/10.1016/s1095-6433(00)00286-5)
- Williams, J. M. (2023).** Everything is Energy. *Valor*, 8-12.
- Williams, C. A., & Lamprecht, E. D. (2008).** Some commonly fed herbs and other functional foods in equine nutrition: a review. *Veterinary journal (London, England : 1997)*, 178(1), 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.06.004>
- Witkowska-Piłaszewicz, O., Grzędzicka, J., Seń, J., Czopowicz, M., Żmigrodzka, M., Winnicka, A., ... & Carter, C. (2021).** Stress response after race and endurance training sessions and competitions in Arabian horses. *Preventive Veterinary Medicine*, 188, 105265. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105265>
- Woll, K. A., & Van Petegem, F. (2022).** Calcium-release channels: structure and function of IP<sub>3</sub> receptors and ryanodine receptors. *Physiological reviews*, 102(1), 209–268. <https://doi.org/10.1152/physrev.00033.2020>
- Wu, D., Ge, D., Dai, Y., Chen, Y., Fu, Q., & Jin, Y. (2023).** Extraction and isolation of diphenylheptanes and flavonoids from *Alpinia officinarum* Hance using supercritical fluid extraction followed with supercritical fluid chromatography. *Journal of Separation Science*, 2300156. <https://doi.org/10.1002/jssc.202300156>
- Wu, H. H. L., McDonnell, T., & Chinnadurai, R. (2023).** Physiological Associations between Vitamin B Deficiency and Diabetic Kidney Disease. *Biomedicines*, 11(4), 1153. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11041153>
- Wuerch, E., Urgoiti, G. R., & Yong, V. W. (2023).** The Promise of Niacin in Neurology. *Neurotherapeutics*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s13311-023-01376-2>



**Xin, Y., Xu, M., Wang, Y. F., Zheng, X. H., Zhu, H. T., Wang, D., ... & Zhang, Y. J. (2021).** Phyllanthacidoid U: a new N-glycosyl norbisabolane sesquiterpene from *Phyllanthus acidus* (L.) skeels. *Natural Product Research*, 35(21), 3540-3547.  
<https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1712387>

**Xua, J., Xin, Y., Zhu, H. T., Kong, Q. H., Yang, W. N., Wang, D., ... & Zhang, Y. J. (2023).** Flavonoids from the *Phyllanthus acidus* (L.) Skeels with anti- $\alpha$ -glucosidase activity. *Natural product research*, 37(12), 1986-1992. <https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2116704>

**Xu, F., Valappil, A. K., Mathiyalagan, R., Tran, T. N. A., Ramadhania, Z. M., Awais, M., & Yang, D. C. (2023).** In Vitro Cultivation and Ginsenosides Accumulation in *Panax ginseng*: A Review. *Plants*, 12(17), 3165. <https://doi.org/10.3390/plants12173165>



**Yaesh, S., Jamal, Q., Shah, A. J., & Gilani, A. H. (2010).** Antihepatotoxic activity of *Saussurea lappa* extract on D-galactosamine and lipopolysaccharide-induced hepatitis in mice. *Phytotherapy research*, 24(S2), S229-S232. <https://doi.org/10.1002/ptr.3089>

**Yamano, S., Eto, D., Hiraga, A., & Miyata, H. (2016).** Recruitment pattern of muscle fibre type during high intensity exercise (60-100% VO<sub>2</sub>max) in thoroughbred horses. *Research in veterinary science*, 80(1), 109-115. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2005.04.006>

**Yan, X., Li, Q., Jing, L., Wu, S., Duan, W., Chen, Y., Chen, D., & Pan, X. (2022).** Current advances on the phytochemical composition, pharmacologic effects, toxicology, and product development of *Phyllanthi*. *Frontiers in pharmacology*, 13, 1017268.  
<https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1017268>

**Yane, J., Wang, H., Wang, Y., Xu, S., Wan, Y., He, L., ... & Zhu, W. (2021).** Integrated metabolome and transcriptome analysis reveals candidate genes involved in metabolism of terpenoids and phthalides in celery seeds. *Industrial Crops and Products*, 172, 114011.  
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114011>

**Yang, J., Song, J., Shilpha, J., & Jeong, B. R. (2023).** Top and Side Lighting Induce Morphophysiological Improvements in Korean Ginseng Sprouts (*Panax ginseng* C.A. Meyer) Grown from One-Year-Old Roots. *Plants*, 12(15), 2849. <https://doi.org/10.3390/plants12152849>

**Yang, J., Shin, K. M., Abu Dabrh, A. M., Bierle, D. M., Zhou, X., Bauer, B. A., & Mohabbat, A. B. (2022).** Ginseng for the treatment of chronic fatigue syndrome: a systematic review of clinical studies. *Global Advances in Health and Medicine*, 11, 2164957X221079790.  
<https://doi.org/10.1177/2164957X221079790>

**Yao, A. N. G., Kamagaté, M., Amonkan, A. K., Chabert, P., Kpahé, F., Koffi, C., ... & Dié-Kakou, H. (2018).** The acute diuretic effect of an ethanolic fraction of *Phyllanthus amarus* (Euphorbiaceae) in rats involves prostaglandins. *BMC complementary and alternative medicine*, 18, 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12906-018-2158-0>

**Yao, N. G., Kamagaté, M., Amonkan, A. K., Koffi, C., Kpahe, F., Kouamé, M. N., & Dié-Kacou, H. (2016).** Comparative effects of aqueous extract of *Phyllanthus amarus* and its fractions on urinary excretion in rat. *J Phytopharmacol*, 5, 182-184.

**Yin, K., Li, X., Luo, X., Sha, Y., Gong, P., Gu, J., & Tan, R. (2021).** Hepatoprotective effect and potential mechanism of aqueous extract from *Phyllanthus emblica* on carbon-tetrachloride-induced



liver fibrosis in rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021, 1-12.  
<https://doi.org/10.1155/2021/5345821>

**Young, G. W. Z., & Blundell, R. (2023).** A review on the phytochemical composition and health applications of honey. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12507>

**Yuan, Y., Hu, Q., Liu, L., Xie, F., Yang, L., Li, Y., Zhang, C., Chen, H., Tang, J., & Shen, X. (2022).** Dehydrocostus Lactone Suppresses Dextran Sulfate Sodium-Induced Colitis by Targeting the IKK $\alpha$ / $\beta$ -NF- $\kappa$ B and Keap1-Nrf2 Signalling Pathways. *Frontiers in pharmacology*, 13, 817596.  
<https://doi.org/10.3389/fphar.2022.817596>



**Zeng, Y., Wang, T., Ma, C., Meng, J., Wang, J., Ren, W., Wang, C., Yuan, X., Yang, X., & Yao, X. (2023).** Plasma Non-targeted Metabolomics Analysis of Yili Horses Raced on Tracks With Different Surface Hardness. *Journal of equine veterinary science*, 121, 104197. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2022.104197>

**Zha, W., Sun, Y., Gong, W., Li, L., Kim, W., & Li, H. (2022).** Ginseng and ginsenosides: Therapeutic potential for sarcopenia. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 156, 113876. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113876>

**Zhan, J., Chen, J., Sui, X., Drenowatz, C., & Wang, Q. (2023).** Association between Different Types of Exercise and Intake of Nutrients including Carbohydrate, Fat, Protein, and B Vitamins in Young Adults. *Nutrients*, 15(4), 806. <https://doi.org/10.3390/nu15040806>

**Zhang, F., Yan, Y., Zhang, L. M., Li, D. X., Li, L., Lian, W. W., ... & Zhang, W. K. (2023).** Pharmacological activities and therapeutic potential of galangin, a promising natural flavone, in age-related diseases. *Phytomedicine*, 155061. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2023.155061>

**Zhang, H., Abid, S., Ahn, J. C., Mathiyalagan, R., Kim, Y.-J., Yang, D.-C., & Wang, Y. (2020).** Characteristics of Panax ginseng Cultivars in Korea and China. *Molecules*, 25(11), 2635.  
<https://doi.org/10.3390/molecules25112635>

**Zhange, J., Sun, J., Zhang, Y., Zhang, M., Liu, X., Yang, L., & Yin, Y. (2023).** Dehydrocostus lactone inhibits *Candida albicans* growth and biofilm formation. *AMB Express*, 13(1), 82.  
<https://doi.org/10.1186/s13568-023-01587-y>

**Zohier, A. S., Baraka, T. A., Abdelgalil, A. I., Aboelmaaty, A. M., & Yehia, S. G. (2023).** Oxidative stress biomarkers status in selected equine sports. *Comparative Clinical Pathology*, 1-6.  
<https://doi.org/10.1007/s00580-023-03457-2>

**Zouhal, H., Rhibi, F., Salhi, A., Jayavel, A., Hackney, A. C., Saeidi, A., Govindasamy, K., Tourny-Chollet, C., Clark, C. C. T., & Abderrahman, A. B. (2023).** The Effects of Exercise Training on Plasma Volume Variations: A Systematic Review. *International journal of sports medicine*, 44(6), 406–419. <https://doi.org/10.1055/a-1667-6624>

**Zuluaga Cabrera, A. M., Casas Soto, M. J., Martínez Aranzales, J. R., Castillo Vanegas, V. E., Correa Valencia, N. M. D. P., & Arias Gutierrez, M. P. (2022).** Hematological, biochemical, and endocrine parameters in acute response to increasing-intensity exercise in Colombian Paso horses. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13(1), 211-224.



# ملحق الصور



الصورة رقم (١): توضيح الفحص السريري لخيول التجربة قبل السباق



الصورة رقم (٢): توضيح الفحص السريري لخيول التجربة قبل وبعد السباق



الصورة رقم (٣): توضح الفحص السريري لخيول التجربة قبل وبعد السباق



الصورة رقم (٤): توضح قياس الضغط الشرياني لخيول التجربة قبل وبعد السباق



الصورة رقم (٥): توضح قياس الضغط الشرياني لخيول التجربة قبل وبعد السباق



الصورة رقم (٦): توضح سحب العينات الدموية لخيول التجربة قبل وبعد السباق



الصورة رقم (٧): توضح سحب العينات الدموية لخيول التجربة قبل وبعد السباق



الصورة رقم (٨): توضح سحب العينات الدموية لخيول التجربة قبل وبعد السباق



الصورة رقم (٩): توضح حقن مكمل إنرجي فورت لخيول التجربة قبل وبعد السباق



الصورة رقم (١٠): توضح حقن مكمل إنرجي فورت لخيول التجربة قبل وبعد السباق



الصورة رقم (١١): توضيح حقن مكمل إنرجي فورت لخيول التجربة قبل وبعد السباق



الصورة رقم (١٢): توضيح حقن مكمل إنرجي فورت لخيول التجربة قبل وبعد السباق



الصورة رقم (١٣): توضيح سحب العينات الدموية بعد حقن مكمل إنرجي فورت



الصورة رقم (١٤): ترقيم العينات الدموية ووضعها في الحافظة لنقلها للتحليل المخبري



الصورة رقم (١٥): توضيح العمل في المخبر وإجراء التحاليل المطلوبة



الصورة رقم (١٦): بعد انتهاء العمل في نادي باسل الأسد للفروسية