الاستجابات الفيزيولوجية الدموية (RBCs-Hb) عند الخيول العربية الأصيلة ودور مكمل إنرجي فورت في تحسينها قبل وبعد السباق

*د. عبد الملك فواز كرزون **أ.د. أسعد العبد ***د. سلوى الدبس

(الإيداع : 21 ايلول 2023، القبول 5 تشرين الثاني 2023)

الملخص:

أُجريَّ هذا البحثِ لدراسةِ الاستجابات الفيزيولوجية لدى الخيول العربية الأصيلة من خلالِ معرفة التغيرات الدموية في مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر قبل وبعد سباق 1600 متر ومعرفة تأثير الخلاصات الطبية لنباتات الجينسنغ والأملج والقسط الهندي والقولنجان وبذور الكرفس والخردل بالإضافة إلى مجموعة فيتامين ب والعسل الموجودة ضمن مُستحضر أو (مُكمِل) إنرجي فورت في تحسين الاستجابات الفيزيولوجية الدموية والتخفيف من بعض آثارِ التَعب العضلي بعد السباق.

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

- **المجموعة الأولى (G1): مجموعة الشاهد الطبيعي** تُركت الخيولُ دونَ إجراء أي سباق أو تمرين رياضي، لمعرفةِ القيم الطبيعيةِ للمتغيرات الفيزيولوجية المدروسة (عدد الكريات الحمر، خضاب الدم)، واعتُبرت على أنها مجموعة شاهد سلبي.
- **المجموعة الثانية (G2):** خَضَعتْ الخيول لسباق سرعة بمسافة (1600) متر، ثم جُمعتْ منها عينات الدم بعد السباق مباشرةً، حيث اعتُبرتْ هذه المجموعة شاهد إيجابي للمجموعة الثالثة.
- **المجموعة الثالثة (G3):** أُعطيتْ الخيولُ في هذه المجموعة مكمل إنرجي فورت بجرعة مقدارها 2 مل/100 كغ وزن حي قبل سباق 1600 متر مباشرةً، ثم جُمعت منها عينات الدم بعد السباق مباشرةً.
- **المجموعة الرابعة (G4):** خَضَعتْ الخيولُ لسباق سرعة بمسافة (1600) متر، ثم جُمعت منها عينات الدم بعد السباق مباشرةً، حيث أُعتبرت هذه المجموعة شاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- **المجموعة الخامسة (G5):** خَضَعت الخيول في هذه المجموعة لسباق سرعة مسافة (1600) متر، ثم أُعطيت مُكمِلُ إنرجي فورت بجرعة مقدارها 2 مل/100 كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً، وبعَدَ نصف ساعةً من إعطاء المُكمل جُمِعَتْ عينات الدم من هذه المجموعة.

تمَّ الحصول على جميع العينات الدموية من الوريد الوداجي.

أظهرت النتائج: حدوثَ تغيراتٍ حقيقيةٍ في الاستجابات الفيزيولوجية تمثلت بحدوثِ ارتفاع معنوي ($P\leq0.0001$) في متوسطات تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر بعد السباق في مجموعات الشاهد الإيجابي **(G4-G2)** عندَ مقارنتهما مع مجموعة الشاهد الطبيعي **(G1)**، وحدوثِ انخفاض معنوي ($P\leq0.0001$) في متوسطات تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر بعدَ السباق في مجموعات السباق **(G5-G3)** المعطاة مُكمِل إنرجي فورت قبل وبعدَ السباق عندَ مقارنتهما مع مجموعة الشاهد الإيجابي **(G2-G4)**.

الكلمات المفتاحية: الاستجابات الفيزيولوجية، المؤشرات الدموية، خضاب الدم، التعب العضلي، عدد الكريات الحمر، لزوجة الدم، انحلال الدم، التكيفات الفيزيولوجية، اللياقة البدنية، الخيول العربية الاصيلة.

---

*طالب دراسات عليا (دكتوراه)–اختصاص الفيزيولوجيا – قسم وظائف الأعضاء–كلية الطب البيطري–جامعة حماة.

** أستاذ دكتور الفيزيولوجيا المرضية –قسم وظائف الأعضاء–كلية الطب البيطري– جامعة حماة.

*** دكتورة الأدوية والسموم –قسم وظائف الأعضاء–كلية الطب البيطري– جامعة حماة.

Physiological Hematological Responses (RBCs–Hb) in Purebred Arabian Horses and Evaluation of the Role of Energy Fort Supplement in Improving them before and after the Race

Dr. ABDUL MALEK KARZOUN * **Prof. Dr.** ASAD ALABED ** ***Dr.** SALWA AL DEBS ***

(Received: 6 September 2023, Accepted: 7 December 2023)

ABSTRACT

This research was conducted to study the physiological responses in purebred Arabian horses by knowing the biochemical changes in the level of Red Blood Cells and Hemoglobin before and after the 1600-meter race and knowing the effect of medicinal extracts of Ginseng, Phyllanthus, Saussurea Costus, Alpinia, Celery And Mustard Seeds, in addition to the vitamin B group and honey included in the Energy Fort preparation, in improving Physiological responses and alleviation of some of the effects of post-race muscle fatigue.

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 know the normal values of the studied variables (RBCs, Hb).

-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 live weight 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 live weight immediately after the race, and half an hour after giving the supplement, blood samples were collected from this group.

All blood samples were obtained from the jugular vein.

The results showed that real changes occurred in the physiological responses, represented by a significant increase in the average concentrations of Red Blood Cells and Hemoglobin after the race in the positive control groups (G4-G2) when compared with the group of the normal control (G1), and a significant decrease in the average concentrations Red Blood Cells and Hemoglobin after the race in the groups Race (G5-G3) given Energy Fort supplement before and after race when compared with a positive control group (G2-G4)

Keywords: Physiological Responses, Hematological Responses, Red Blood Cells, Hemoglobin, blood viscosity, Hemolysis, Muscle Fatigue, , Physiological Adaptations, Physical Fitness, Purebred Arabian Horses.

*Postgraduate student (doctorate) - physiology- Department of Physiology - Faculty of Veterinary Medicine - Hama University.

**Professor of physiology - Department of Physiology - Faculty of Veterinary Medicine - Hama University.

*** Doctor of Pharmacology and Toxicology - Department of Physiology - Faculty of Veterinary Medicine - University of Hama

1- المقدمة Introduction:

تُعَد الخيول العربية الأصيلة Purebred Arabian Horses واحدةً من أقدمِ السلالات في العالم والتي لها الدور الكبير في تطويرِ سلالاتٍ جديدةٍ من الخيول في العصر الحديث (Cosgrove et al., 2020) ومن المعروف أن الخيولَ العربيةَ من أجملِ سلالات الخيول في العالم قاطبةً، حيثُ تمتاز بتوازنها وتناسقُ حركتها وكتلتُها العضلية ومظهرُها الأنيق، ولجمالِها ورشاقتِها وألوانِها الساحرة مراتب عديدة جعلت لها أسماء وأنسابٍ مختلفة (Fontanel et al., 2020). وتحتلُ الخيولَ العربيةَ الأصيلةَ المرتبة الأولى عالمياً في سباقات التحمل (Witkowska–Piłaszewicz et al., 2021)، في حين تحتلُ المرتبة الثانية عالمياً في سباقات السرعة بعدَ خيول ثوروبريد Thoroughbred وستاندربريد Standardbreds المهجنة من خيول عربية بالأصل (ARO.2023; Fontanel et al., 2020;)، وقد استُخدمتْ الخيولُ العربية تاريخياً لتحسينِ مجموعةٍ من الصفاتِ في سلالات الخيول الأخرى وذلك لامتلاكِها خصائص وصفات فيزيولوجية فريدة جعلتها في المراتب الأولى عالمياً (Önder et al., 2022).

يبلغُ متوسطَ سرعةِ خيول السباق 17 متر/ ثانية أثناء السباقات (Mercier and Aftalion., 2020)، ويطلبُ من الخيولِ الحفاظَ على هذه السرعة لأكثر من دقيقتين في السباقات العالمية مثل كنتاكي ديربي Kentucky Derby أو إبسوم ديربي Epsom Derby وغيرها (Gardner, 2016) مثل هذه التمارين عالية الكثافة High–Intensity Exercise والتي تسمى بسباقات السرعة يمكن أن تسبب التعب المرتبط بزيادة لزوجة الدم، مما يؤدي إلى عدم قدرة الخيول على الحفاظ على سرعتِها في الجزءِ الأخيرِ من السباقات (Takahashi et al., 2021)، حيث تُعدُ مشكلةَ التعبِ العضليِ Muscle Fatigue من أهمِ المشاكلِ التي تواجه الخيول الرياضية خلال موسم السباق (مرحلة التدريب) وأثناء وبعد السباق (Witkowska–Piłaszewicz., 2021; Takahashi et al., 2020) والناتج عن استجابات فيزيولوجية معقدة والتي لها أسباب كثيرة أهمُها عدم وصول الخيول إلى مرحلةِ التكيفِ الفيزيولوجي أثناء مرحلة التدريب و تحميلُ الخيول أقصى من قدرتِهم القصوى أثناء السباق وفي الغالبِ تُؤدي هذه الاستجابات والتغيرات إلى نشوءِ العديدِ من الاضطرابات والأمراضِ نتيجة تراكم الجذور الحرة وحدوث الحماض الاستقلابي وزيادة لزوجة الدم والتي يعقبها الانحلال الدموي العضلي وغيرها من الاضطرابات الأخرى، وفي بعض الأحيان تؤدي إلى النفوق (Arfuso et al.,2022).

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 المعلمات الدموية والكيميائية الحيوية في الدم مؤشرات جيدة لمعرفة سير الاستجابات الفيزيولوجية الدموية 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 الدموية في طب الخيول الرياضية، إلا أنه قد يمثل تفسير المؤشرات الدموية تحدياً في بعض الحالات، لأنه يمكن أن يتأثر بشدة بعدد كبير من العوامل. حيث قد تختلف المؤشرات الدموية وفقًا للسلالة والجنس والعمر والحالة التناسلية واللياقة البدنية ومستويات التدريب والتمرين والتغذية والتغيرات الهرمونية اليومية وإجراءات التعامل مع الحيوانات أثناء سحب الدم ودرجة الإثارة والحالة الصحية (Satué et al., 2012; Satué et al., 2009; Piccione et al., 2009). ومن بين أهم هذه العوامل، الاستجابات والتكيفات الدموية لعدد الكريات الحمر وخضاب الدم ومكداس الدم بعد السباق والتمارين الرياضية عالية الكثافة والتي تمثل خطراً كبيراً على صحة الخيول بعد السباق وذلك بسبب ارتفاع مستوياتهم والناجم عن الحاجة الماسة للأوكسجين والمغذيات الضرورية لعمل العضلات بالدرجة الأولى ولتوفير إمدادات الطاقة المناسبة وكذلك طرح ثنائي أوكسيد الكربون

ونفايات عمليات الاستقلاب أثناء السباق، وغالباً ما تؤدي تلك الارتفاعات المعنوية في مستويات خضاب الدم وعدد الكريات الحمر إلى زيادة لزوجة الدم والتي تنذر بحدوث الميوغلبينية العضلية (الانحلال الدموي العضلي) (Pakula et al., 2023; Lippi and Sanchis–Gomar., 2019). 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 لزوجة الدم التي يعقبها الانحلال الدموي بعد السباقات المختلفة (Fazio et al., 2017; Krumrych., 2006). حيث من المهم فهم التغيرات في الاستجابات الدموية والبيوكيميائية التي تنتجها أنواع مختلفة من التمارين، لأنها تعكس التغيرات في وظائف الأنظمة المختلفة وفي نوع الطاقة المستخدمة أثناء السباق وكذلك التنبؤ بحجم ونوع الاضطرابات التي ممكن أن تصيب الخيول في مرحلة السباق ومرحلة الاستشفاء (Andriichuk et al., 2014; Fazio et al., 2017). حيث أشارت العديد من الدراسات على أهمية فهم تلك التغيرات الدموية وتفسيرها بشكل منطقي بحيث يتماشى مع عوامل الخطورة المحيطة بالخيول بعد السباقات المختلفة لتفادي تلك الاضطرابات وكذلك بيتن العديد من الدراسات إلى أن تقييم التغيرات الدموية وبعض التغيرات البيوكيميائية في الخيول المشاركة في السباق لا تزال تتطلب المزيد من الدراسة والمناقشة (Fazio et al., 2017; Andriichuk et al., 2014; Piccione et al., 2009; Krumrych., 2006) لذلك كانت أحد أهداف البحث دراسة تلك التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية بعد سباق 1600 متر.

وبشكلٍ عام أظهرتْ الدراسات التي أُجريتْ على خيولِ السباق التي تُمارسُ نشاطاً بدنياً عالي الكثافة سواءً في التدريب الذي يُحاكي السباقَ أثناء موسم السباق أو في سباق 1600 متر حدوث تغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية الدموية تمثلتْ بحدوثِ ارتفاع معنوي في تركيز خضاب الدم (Hb) وعدد الكريات الحمر (RBCs) ومكداس الدم (PCV) 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 الكرياتيتن كاينار Creatine Kinase (CK) وناقلة أمين الآلانين Aminotransferase(Alanine ALT) وناقلة أمين الأسبارتات Aspartate Aminotransferase(AST) وتغيرات معنوية في تركيزات الشوارد والبروتينات والدهون (Wang et al., 2023; Zuluaga Cabrera et al., 2022; Bos et al., 2018; Muñoz et al., 2002)، حيث قد يمنحنا فهمَ آثارَ التعبَ المرتبط مع الاستجابات الدموية رؤى حولَ كيفية تكيفِ الخيول مع ظروف التعب ويساعدُ في تقييمِ التغيرات في شكل الاستجابات الفيزيولوجية للخيول مع التعب (Takahashi et al., 2021).

وقدَ اقترحَ العديدَ من الباحثين طرائق مختلفة لتحسينِ الاستجابات الفيزيولوجية الدموية والتخفيف من أثارِ التعبِ والتلف العضلي وكذلك التخفيف من وَطْئِهما –كونهما المعوقَان الرئيسان للإنجازِ الرياضي وحدوث الاضطرابات والأمراض مثل لزوجة الدم وانحلال الدم والبيلة الخضابية– والوصول إلى مرحلة التكيفات الفيزيولوجية عندَ الخيول قبل السباق (فترة التدريب)، واثناء السباق، وبعد السباق (فترة الاستشفاء)، وكذلك زيادة القوة العضلية في الاندفاع، وزيادة قوة التحمل وتحسين مرحلة الاستشفاء العضلي التي تعقب السباق والتمرين 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 أُستُخدمتْ المكملات الغذائية والعقاقير والمستحضرات الطبية والخلاصات النباتية للمساعدةِ في الوقايةِ من آثار التعبِ وكذلك التلف العضلي ومن نقصِ الفيتامينات والمعادن والشوارد والاضطرابات الأخرى بعد السباق وكذلك لتحسينِ الاستجابات الفيزيولوجية وتحسينُ الصحةِ العامةِ والأداءِ الرياضي (Murray et al., 2021). ومن الجدير بالذكر ان هناك طيف واسع جدا من المكملات الغذائية الخاصة بصحة الانسان والتي تعمل على موازنةِ النظامِ الغذائي والاستقلابي، وتحسينُ الأداءِ الرياضي

والتخفيفُ من أثار التعبِ العضلي ومن المشكلات الصحية الأخرى، وبالمقابل فقد كان هناك كثافة في انتاج المكملات الصحية عند الخيول على مدارِ العشرين عاماً الماضية. وقد نتجَ عن ذلك مجموعةً هائلةً من المكملات المتاحةِ لأصحابِ الخيولِ (Murray et al., 2021). ومن هُنا نشأَتْ مساعدات أو مكملات الطاقة أو ما يسمى بأداةِ توليد الطاقة وهي أي تقنية تدريب، أو جهاز ميكانيكي، أو مُستحضَر أو ممارسة غذائية، أو طريقة دوائية، أو تقنية نفسية يمكنها تحسين القدرةِ في أداءِ التمرين أو تعزيز تكيفات التدريب الناتجة عن الاستجابات الفيزيولوجية وقد تساعدُ مكملات الطاقة في الإعدادِ للسباق، وتحسينُ كفاءَة الاستجابات الفيزيولوجية أثناء السباق، وتعزيز مرحلة الاستشفاء بعد السباق، أو المساعدة في الوقاية من الإصابات العضلية أثناء التدريب المكثف. على الرغم من أن هذا التعريف يَبدو واضحاً إلى حدٍ ما، إلا أن هناك جدلاً كبيراً بشأن القيمةِ المولدةِ للطاقة للمكملات الغذائية المختلفة، ولكن بشكل عام يُوجَد إجماع من قِبلِ الباحثين على أن المكملات مولدات للطاقة ومساعدات في مرحلة الاستشفاء من خلال خاصيات مضادات الأكسدة والالتهاب التي تتمتع بها، إذْ أَظهرتْ الدراسات من قبل الباحثين أن المكملات تُعزز بشكلٍ كبيرٍ من أداءِ التمرينِ الذي يُحاكي السباقُ أو المهمة الرياضية بعد فتراتٍ مختلفةٍ من الإعطاء (على سبيل المثال، يُعززُ المُكملُ الزيادات في القوة القصوى وسرعة الجري و / أو العمل أثناء مهمة تمرين معينة). ومن ناحيةٍ أخرى قد يكون للمكملِ أيضاً قيمةَ مولدٍ لطاقةِ إذا كان يُعززُ بشكلٍ كبيرٍ من قدرةِ الرياضي على أداءِ مهمة تمرينٍ واحدٍ أو يُعززُ مرحلةُ الاستشفاء والتعافي من نوبةِ تمرينٍ واحدٍ (Kerksick et al., 2018). وفي الآونةِ الأخيرةِ ظهرتْ المكملات متعددةُ النباتات الطبية عند الخيولِ والتي تحتوي على العديدِ من الخلاصات النباتية والمغذيات الدقيقة (الفيتامينات) (Cecchini et al., 2014; Grigore et al., 2022) وازدادتْ شعبيةُ فئةٍ جديدةٍ من المكملات النباتية وتسمى مكملات ما قبل السباق متعددة المكونات ويهدف تناول هذه المكملات قبل التمرين لتحسينِ الإداءِ الرياضِي أَثناء النشاط البدني وتحسينِ 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 أن الخلاصات النباتية للجنسينغ، الأملج، القولنجان، القسط الهندي وبذور الكرفس والخردل تشترك بخاصيات عديدة أهمها مضادات الأكسدة ومضادات الالتهاب حيث 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 تحافظُ على وظيفةِ العضلات وتُعزز إصلاح أضرار العضلات (Zha et al., 2022)، كما بينت الدراسات أنَّه يمكنُ أنْ يؤدي إعطاء تلك الخلاصات قبل وبعد التمرين والسباق إلى التخفيفِ من إصابةِ العضلات التي تسببها التمارين والحفاظُ على تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر ومكداس الدم (RBCs–Hb–PCV) ضمن الحدود الطبيعية وتحسينُ القدرة على التحمل ودعم تعافي العضلات عن طريق تقليل بيروكسيد الدهون وتحطيم الجذور الحرة بفضل الخواص المضادة للأكسدة وكذلك وتعزيز التكيف الالتهابي بفضل الخواص المضادة للالتهاب التي تتمتع بها تلك النباتات (Lin et al., 2022). حيث يؤدي الجمع بين الخلاصات و الفيتامينات إلى إحداثِ تأثيرٍ تآزُرِي للموادِ الفعالةِ وتحسين أداء التمرين الشاق وتحسين ما يليه من استجابات وتكيفات (Jagim et al., 2019)، وكذلك تقليلُ الآثارِ الضارةِ للإجهادِ التأكُسدي 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، وكلا 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 للتمارين الرياضية (Hills et al. 2019).

ولا يخفى على أحد دور مجموعة فيتامين B المركبة في تنظيمِ الاستقلاب المولد للطاقة، حيث أثبتتْ الدراسات أنَّ لمجموعة فيتامين B دوراً في تحطيم الجذورِ الحرة المُتولدة أثناء السباق وتخفيف التعب العضلي المرتبط بالتلف العضلي والذي قد يكون له دوراً في الحفاظ على تركيز خضاب الدم و عدد الكريات الحمر وتحسين الاستجابات الفيزيولوجية الدموية وزيادة قوة العضلات من خلال الاستقلاب المتكامل للطاقة. (Tardy et al., 2020).

وعلى غرار بعض الدراسات التي عملتْ على تقييمِ استخدام المكملات التجارية في الولايات المتحدة الأمريكية والمملكة المتحدة والتي تُشيرُ إلى الاستخدام الواسع النطاق للمكملات الحاوية على العديد من الخلاصات النباتية الطبية والفيتامينات عند الخيول (Murray et al., 2021 ; Burk and Williams., 2008) مع اعتمادُهُم على نهجِ البحث العلمي المَبني على الاستبيانِ لمعرفةِ أهمية هذه المُكمِلات. **وعلى الرغم** من أنّ الكثيرَ من المكملات المُصنعة من قبل الشركات التجارية يدّعون فيها تحسينُ الأداءِ أو التخفيف من المشكلات والاضطرابات الصحية، إلا أنّه لا يزالُ هناك ندرةً في الدراساتِ القائمةِ على الأدلةِ لدعمِ هذه الادعاءات. وبالتالي، فإنّ مالكي الخيولُ لديهِم إمكانيةُ الوصولِ إلى مجموعةٍ واسعةٍ 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 التعاونُ مع شركة الفارابي لتصنيعِ الأدوية البيطرية والزراعية وتمَّ تحضيرُ الخلاصات النباتية من النبات الطبية: الجنسينغ، الأملج، القولنجان، القسط الهندي وبذور الكرفس والخردل ومجموعة فيتامين (ب) وتحميلها على العسل وفق الشروط العلمية في مُكمِلٍ واحدٍ يسمى إنرجي فورت وبعد إجراء عدة دراسات تجريبية للمكمل على حيوانات التجربة، تمَّ الآنّ الانتقال إلى مرحلة تقييم المكمل علمياً والتحقق من فعاليتهِ عند الخيول.

2- الهدف من البحث The Aim of the Research:

- ❖ دراسةُ الاستجابات الفيزيولوجية من خلالِ معرفة التغيرات الدموية في مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر قبلَ وبعدَ سباقِ 1600 متر.
- ❖ معرفةِ دور مكمل إنرجي فورت عند إعطائه للخيول الرياضية قبلَ وبعدَ سباقِ 1600 متر في تحسين الاستجابات الفيزيولوجية الدموية وفي التخفيفِ من بعض آثار التعب العضلي.

3- المواد وطرائق العمل Materials and Methods:

3-1 حيوانات التجربة Experimental Animals:

أُجريتْ الدراسةُ على خيول السباق العربية الأصيلة في المرابطِ التابعةِ للجمعيةِ السوريةِ للخيول العربية الأصيلة، وأُجريت السباقات في نادي باسل الأسد للفروسية في مدينة حماة، وذلك في فصل الصيف خلال الفترة الوقعة من (5-2022-26) حتى (30-11-2022).

3-2 تصميم التجربة Design of Experiment:

وُزعتْ الخيولُ إلى خمسة مجموعات، ضمت كل مجموعة ستة خيول بأوزان متقاربة **وفق التالي:**

i. **المجموعة الأولى G1: مجموعة الشاهد الطبيعية (Control)** تُركت الخيول دون إجراء أي سباق أو تمرين رياضي وخَضَعتْ لظروف التربية والتغذية والتدريب كما هو مُطبق في المربط.

ii. **المجموعة الثانية G2: مجموعة الشاهد الايجابية الأولى (Positive Control One)** خَضَعتْ الخيولُ لسباق سرعة بمسافة (1600) متر وعدت كمجموعة شاهد إيجابي للمجموعة الثالثة وكانت خاضعة لظروف التربية والتغذية والتدريب كما هو مُطبق في المربط .

iii. **المجموعة الثالثة G3: مجموعة السباق الأولى (Race Group One)** خَضَعتْ الخيولُ لسباق سرعة مسافة (1600) متر، وأُعطيت جرعة مقدارها 2 مل/ 100 كغ وزن حي من مكمل إنرجي فورت الحاوي على الخلاصات المائية للنباتات الطبية (القسط الهندي، بذور الكرفس، بذور الخردل، الجنسنغ، القولنجان، الأملج) بالإضافةِ إلى (عسل صافي، مجموعة فيتامينات B طبيعية المنشأ) **قبل السباق**.

iv. **المجموعة الرابعة G4: مجموعة الشاهد الايجابية الثانية (Positive Control Tow)** خَضَعتْ الخيولُ لسباق سرعة بمسافة (1600) متر وعدت كمجموعة شاهد إيجابي للمجموعة الخامسة وكانت خاضعة لظروف التربية والتغذية والتدريب كما هو مطبق في المربط .

v. **المجموعة الخامسة G5: مجموعة السباق الثانية (Race Group Tow)** خَضَعتْ الخيولُ لسباق سرعة مسافة (1600) متر، وأُعطيت جرعة 2 مل/ 100 كغ وزن حي من مكمل إنرجي فورت الحاوي على الخلاصات المائية للنباتات الطبية (القسط الهندي، بذور الكرفس، بذور الخردل، الجنسنغ، القولنجان، الأملج) بالإضافة إلى (عسل صافي، مجموعة فيتامينات B طبيعية المنشأ) **بعد السباق**.

❖ **يجب الإشارة إلى أن:**

a. خَضَعتْ جميع خيول الدراسةِ لظروف تربية، وتغذية، وتدريبات رياضية متماثلة حيثُ أُجريت التجربة ضمن الظروف الطبيعية خلالَ التحضيرات الموسمية للسباقات المحلية.

b. خيول المجموعة الثالثة G3 هي نفسُ خيول المجموعة الثانية G2 مع مراعاة وجود فترة راحة كافية بينَ السباقان.

c. خيول المجموعة الخامسة G5 هي نفسُ خيول المجموعة الرابعة G4 مع مراعاة وجودفترة راحة كافية بينَ السباقان.

3-3 جمع العينات الدموية Blood Samples:

❖ تمَّ الحصول على جميع العينات الدموية من الوريد الوداجي Jugular Vein، حيث تم سحب 20 مل من الدم الوريدي في 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.

❖ تمَّ حفظ جميع العينات عند درجة 8 مئوية لمدة تصل إلى ساعتين قبل إجراء التحليلات الدموية والبيوكيميائية.

❖ ثم نُقلت العينات مباشرةً إلى مخبر وظائف الأعضاء في كلية الطب البيطري في حماة، حيث نُقلت العينات الدموية التي لا تحوي على مانع تخثر باستخدام جهاز الطرد المركزي من طراز KUBOTA 5400 ياباني الصنع وتثفيلها بسرعة 2200 دورة بالدقيقة لمدة 10 دقيقة، بغية الحصول على مصل الدم. تم وضع المصل في أنابيب أبندورف Eppendorf Tube، ورُقمت العينات ثم حُفظت بدرجة حرارة -20° درجة مئوية لحين إجراء الفحوصات الكيميائية الحيوية. تمت جميع المراحل بحسب (Bos et al., 2018).

❖

❖ **جُمعت العينات الدموية وفق الترتيب التالي:**

- المجموعة الأولى (G1): تمَّ جمع العينات الدموية منها مرة واحدة ولم تخضع قبل الدخول في أي سباق خلال موسم السباق (لدراسة الاستجابات الفيزيولوجية قبل السباق).
- المجموعة الثانية (G2): تمَّ جمع العينات الدموية منها بعد سباق سرعة مسافة 1600 متر مباشرةً (لدراسة الاستجابات الفيزيولوجية بعد السباق مباشرةً).
- المجموعة الثالثة (G3): تمَّ جمع العينات الدموية منها بعد حقن المستحضر وسباق سرعة مسافة 1600 متر بعد انتهاء السباق (لدراسة تأثير المكمل في الاستجابات الفيزيولوجية بعد السباق مباشرة).
- المجموعة الرابعة (G4): تمَّ جمع العينات الدموية منها بعد سباق سرعة مسافة 1600 متر مباشرةً (لدراسة الاستجابات الفيزيولوجية بعد السباق مباشرةً).
- المجموعة الخامسة (G5): تمَّ جمع العينات الدموية منها بعد حقن المستحضر وسباق سرعة مسافة 1600 متر وبعد نصف ساعةٍ تقريباً من انتهاء السباق (لدراسة تأثير المكمل في الاستجابات الفيزيولوجية بعد فترة وجيزة من السباق).

3-4 التحاليل المخبرية لقياس ومعايرة مكونات الدم الخلوية والبيوكيميائية:

أُنجزتْ الاختبارات الكيميائية الحيوية المطلوبة بالتعاون مع مخبر خاص حيثُ تم استخدام جهاز المطياف الضوئي للاختبارات الأنزيمية اللونية (Spectrophotometer-20 Genesys).

❖ **تقدير مستوى تركيز خضاب الدم:**

تمَّ 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 لتالي:

$$Hemoglobin + Potassium\ Ferricyanide \xrightarrow{Oxidation} Methemoglobin$$

$$Methemoglobin \xrightarrow{Pot.Cyanide} Cyanmethemoglobin$$

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

❖ **عدَّ الكريات الحمر:**

تمَّ عدَّ الكريات الحمر باستخدام الطريقة الكلاسيكية التقليدية (العبد وكراد.، 2001) التي تضمنت استخدام عدادة نيوباور المعدلة ومجهر ضوئي وماصة الكريات الحمر، حيث تم عد الكريات الحمر في خمسة مجموعات من المربع التاسع الأوسط ومن ثم تمّ ضرب العدد الكلي للكريات الحمراء بمعامل العد ($\frac{1}{10000}$) **أو** 1×10^6 $3_{مم}$

4- الدراسة الإحصائية:

تمَّ إدخال النتائج التي تمَّ الحصول عليها إلى الحاسوب وحُللت باستخدام برنامج (IBM SPSS Statistics /version 25) وحُسبت قيمةَ P بطريقة تحليل التباين وحيد الاتجاه (One-way ANOVA)، وتمَّ الحصولَ على المتوسط (Mean) والانحراف المعياري للمتوسط (Standard Deviation of Mean (SD، وذلك في كل مجموعة معاملة، وفي كل مرحلة من مراحل التجربة، لتحديدِ فيما إذا كانت الفروق معنوية أم لا. وتمَّ احتساب الفرق معنوياً عند مستوى احتمال ($P \leq 0.05$).

وكذلك تم استخدامِ 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.

5- النتائج Results:

1- نتائج التغيرات في الاســـتجابات الفيزيولوجية لعدد الكريات الحمر عند الخيول الرياضـــية: Results of Changes in Physiological Responses to Red Blood Cells Levels in Athletic Horses:

i. نتائج متوسطات عدد الكريات الحمر في مجاميع التجربة: الجدول رقم (1)

- بلغ متوسط عدد الكريات الحمر في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 (9.23±0.37) $mm^3\times10^6$، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- في حين بلغ متوسط عدد الكريات الحمر في المجموعة G2 (12.41±0.25) $mm^3\times10^6$ ، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر.
- بينما بلغ متوسط عدد الكريات الحمر في المجموعة الثالثة G3 (10.58±0.44) $mm^3\times10^6$ ، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100كغ وزن حي قبل السباق.
- وقد بلغ متوسط عدد الكريات الحمر في المجموعة الرابعة G4 (13.11±0.65) $mm^3\times10^6$ ، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد ايجابي للمجموعة الخامسة.
- في حين بلغ متوسط عدد الكريات الحمر في المجموعة الخامسة G5 (9.03±0.84) $mm^3\times10^6$، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

ii. نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز مجاميع التجربة:

- عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثانية G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية جداً ($P\leq0.0001$) حيث لوحظ ارتفاع معنوي لدى المجموعة الثانية والرابعة عما هو لدى المجموعة الأولى.
- بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 كان هناك فروقات معنوية حيث لوحظ ارتفاع معنوي لدى المجموعة الثالثة عما هو لدى المجموعة الأولى، بينما عند مقارنة G1 مع المجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ($P\geq0.05$) وذلك عند استخدام المعادلات الإحصائية للعالميّن (Tukey, LSD)، وهذا يدل على اقترابهما من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية G1، في حين أن استخدام المعادلات الإحصائية للعالميّن (Tamhane, Dunnett) أكد أيضاً على عدم وجود فروقات معنوية ($P\leq0.004$) عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعة بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ($P\leq0.0002$).

- بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ($P\leq0.001$).
- في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ($P\geq0.05$) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتان لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.

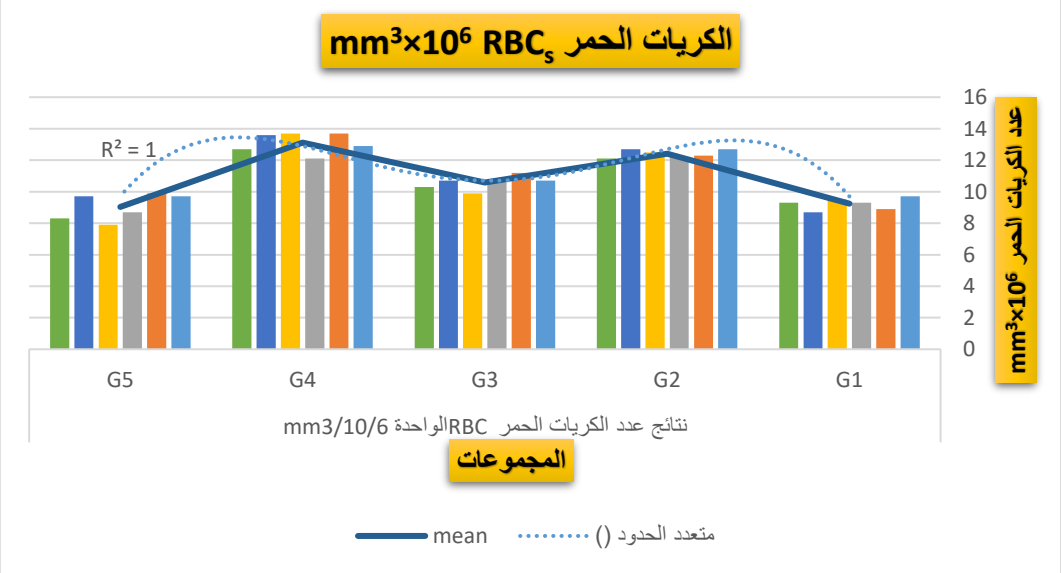
وكلّ ذلك مُبينٌ في الجدول رقم (1) والمخطط البياني رقم (1)، ويبين الجدول رقم (1) تعداد الكريات الحمر عند الخيول الرياضية في مجاميع التجربة.

الجدول رقم (1): تعداد الكريات الحمر عند الخيول الرياضية في مجاميع التجربة

نتائج عدد الكريات الحمر RBC_s الواحدة $mm^3\times10^6$					
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[a]	13.11667*[b]	10.58333*[a]	12.41667*[b]	9.233333	المتوسط الحسابي Mean
0.84538	0.658534	0.440076	0.256255	0.37238	الانحراف المعياري SD

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 1600متر ولم تحقن بالمكمل **G3:** خضعت لسباق 1600متر وحقنت بالمكمل قبل السباق مباشرة **G4:** خضعت لسباق 1600متر ولم تحقن بالمكمل **G5:** خضعت لسباق 1600متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (1): تعداد الكريات الحمر عند الخيول الرياضية في مجاميع التجربة.

2- نتائج التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات خضاب الدم عند الخيول الرياضية: Results of Changes in Physiological Responses to Hemoglobin Levels in Athletic Horses:

iii. نتائج متوسطات تراكيز خضاب الدم في مجاميع التجربة: الجدول رقم (2)

- بلغ متوسط تركيز خضاب الدم في مجموعة الشاهد الطبيعي G1 (14.6±0.48) g/dl ، وهذه المجموعة لم تخضع لأي سباق ولم تحقن بالمستحضر.
- في حين بلغ متوسط تركيز خضاب الدم في المجموعة الثانية G2 (21.1±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±0.41) g/dl ، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100كغ وزن حي قبل السباق.
- وقد بلغ متوسط تركيز خضاب الدم في المجموعة الرابعة G4 (22.1±0.41) g/dl ، حيث خضعت هذه المجموعة لسباق (1600) متر ولم تحقن بالمستحضر، وقد عُدت هذه المجموعة كشاهد إيجابي للمجموعة الخامسة.
- في حين بلغ متوسط تركيز خضاب الدم في المجموعة الخامسة G5 (14.4±0.56) g/dl ، وهذه المجموعة خضعت لسباق (1600) متر وحُقنت بجرعة (2) مل لكل 100كغ وزن حي بعد السباق مباشرةً.

iv. نتائج الفروقات المعنوية بين متوسطات تراكيز مجاميع التجربة:

- عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع مجموعة الشاهد السلبي G2 والمجموعة الرابعة G4 كان هنالك فروقات معنوية جداً ($P\leq0.0001$).
- بينما عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 والمجموعة الخامسة G5 لم تكن هناك فروقات معنوية ($P\geq0.05$) وذلك عند استخدام المعادلات الإحصائية للعالميّن (Tukey, LSD)، وهذا يدل على اقترابهما من قيم مجموعة الشاهد الطبيعية G1، في حين أن استخدام المعادلات الإحصائية للعالميّن (Tamhane, Dunnett) أكد أيضاً على عدم وجود فروقات معنوية ($P\leq0.004$) عند مقارنة المجموعة الأولى G1 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5، ودل الاختبار الاحصائي على اقتراب قيم المجموعة الخامسة احصائياً من قيم مجموعة الشاهد الطبيعة بشكل أكبر من المجموعة الثالثة.
- وعند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الثالثة G3 ومع المجموعة الخامسة G5 كان هناك فروقات معنوية جداً ($P\leq0.0002$) حيث لوحظ انخفاض معنوي لدى المجموعتين الثالثة والخامسة مقابل المجموعة الثانية.
- بينما عند مقارنة المجموعة الرابعة G4 التي عدت شاهد إيجابي مع المجموعة الخامسة G5 كان تركيز الخضاب مرتفعاً ومعنوياً جداً ($P\leq0.0001$).
- في حين لم تكن هناك فروقات معنوية ($P\geq0.05$) عند مقارنة المجموعة الثانية G2 مع المجموعة الرابعة G4 (اللتان لم تحقنا بالمكمل)، وهذا يدل على سير نفس الاستجابات الفيزيولوجية خلال السباق.
-

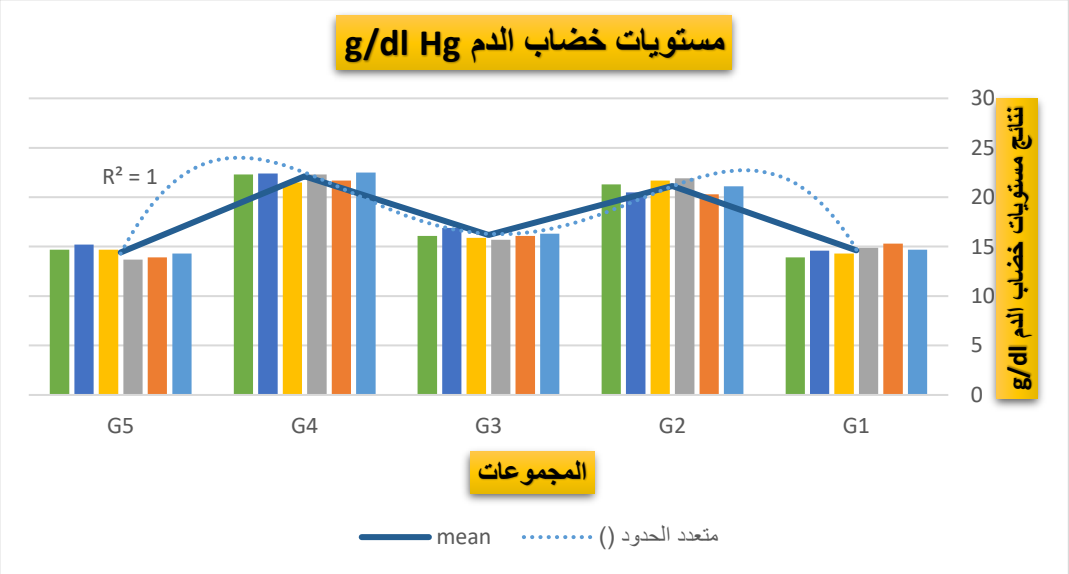
وكلّ ذلك مُبينٌ في الجدول رقم (2) والمخطط البياني رقم (2)، حيث يبين نتائج مستويات تراكيز خضاب الدم عند الخيول الرياضية في مجاميع التجربة

الجدول رقم (2): مستويات تراكيز خضاب الدم عند الخيول الرياضية في مجاميع التجربة

g/dl الواحدة Hgنتائج مستويات خضاب الدم					
G5 المجموعة الخامسة	G4 المجموعة الرابعة	G3 المجموعة الثالثة	G2 مجموعة الشاهد السلبي	G1 مجموعة الشاهد	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[a]	22.11667*[b]	16.16667*[a]	21.13333*[b]	14.61667	المتوسطالحسابي Mean
0.56006	0.411906	0.413118	0.637704	0.483391	الانحراف المعياريSD

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 1600متر ولم تحقن بالمكمل **G3:** خضعت لسباق 1600متر وحقنت بالمكمل قبل السباق مباشرة **G4:** خضعت لسباق 1600متر ولم تحقن بالمكمل **G5:** خضعت لسباق 1600متر وحقنت بالمكمل بعد السباق مباشرة.



المخطط البياني رقم (2): مستويات تراكيز خضاب الدم عند الخيول الرياضية في مجاميع التجربة.

6- المناقشة Discussions :

6-1 مناقشة التغيرات في الاستجابات الفيزيولوجية لمستويات تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر عند الخيول الرياضية: Discussion of Changes in the Physiological Responses to Hemoglobin Concentration Levels and Erythrocytes Counting in Athletic Horses:

بلغَ متوسطَ تركيزِ **خضاب الدم وعدد الكريات الحمر** في مجموعة الشاهد الطبيعي **G1 (14.61±0.48) g/dl** ، **(9.23±0.37) $mm^3 \times 10^6$** على التوالي وجاء هذا متوافقاً مع (Hodgson et al. 2014; National Research Council 2017)، حيثُ يختلفُ **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(Harris et al., 1995)، ولكن بشكل عام تبلغ النسبة الطبيعية لتركيز **خضاب الدم وعدد الكريات الحمر** عند الخيول الرياضية **(13.8–15.9) g/dl** ، **(8.4–9.6) $mm^3 \times 10^6$ على التوالي** حيث جاءتْ نتائجَ الدراسةِ ضمن المدى الطبيعي لمعدل تركيز **خضاب الدم وعدد الكريات الحمر** في الكتب المرجعية Hinchcliff et al., 2013); Hodgson et al. 2014).

وبَينتْ نتائج البحثِ وجود فروقات معنوية جداً (P≤0.0001) تمثلتْ بحدوث ارتفاعٍ معنوي (P≤0.0001) في متوسطِ تركيز خضاب الدم (Hb) وعدد الكريات الحمر (RBCs) في المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 بعد السباق وذلك عند مقارنتهما مع مجموعة الشاهد الطبيعي G1، وجاءتْ هذه النتائج متوافقة بشكل عام مع العديد من الأبحاث والدراسات التجريبية والسريرية (Wakil et al., 2022; Maśko et al., 2021; Bos et al.,2018; Khasanovich et al., 2016; Hasanovich and Vladimirovna,2016; Vazzana et al., 2014; Zobba et al., 2011; Piccione et al.,2010; Piccione et al., 2008)

يُعزى الارتفاعُ في عدد الكريات الحمر (RBCs) ومستوى تركيز خضاب الدم (Hb) إلى العديد من الآليات الفيزيولوجية المعقدة والمرتبطة ارتباطاً وثيقاً مع الاستجابات الهرمونية (الكاتيكولامينات) والتي تتم خلال أجزاء من الثانية نتيجةً لتأثير المنبهات (الألية– الميكانيكية– النقل– الأثارة وغيرها) (Ferlazzo et al., 2020) وفي بحثنا هذا كانت الاستجابات الفيزيولوجية ناتجة عن متطلبات السباق (الاندفاع القصوي)، حيث فسر الباحثين ارتفاع عدد الكريات الحمر (RBCs) ومستوى تركيز خضاب الدم (Hb) 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., 2007)، وبشكل فيزيولوجي دقيق يمكن أن تعود تلك الارتفاعات إلى انقباض الطحال Splenic Contraction (SPc). (Hurcombe., 2020; McGowan., 2008; Tyler et al., 1987)

فسر الباحثين تلك الآلية الفيزيولوجية إلى أنه مع فترة ما قبل بداية السباق وفي الثواني الأولى منه تتنبه 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; Hyyppä., 2005) ومع الضربات الأولى لحوافر الخيول لمضمار السباق يفرغ الطحال محتواه من الدم والذي يقارب (6–13 ليتر 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 الأكسجين بكثافة عالية من الرئتين إلى العضلات العاملة عن طريق الدورة الدموية. وبالرغم من زيادة النتاج القلبي تحت تأثير الأدرينالين، فإن توصيل الأكسجين مقيد بقدرة الدم على حمل الأكسجين. حيث أن الأعضاء الحيوية لدى الخيول الرياضية تعمل على تحقيق زيادات سريعة في قدرة الدم على حمل الأكسجين وذلك عن طريق زيادة تركيز الهيموجلوبين (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 الرياضة وأثناء وبعد السباق إلى زيادة عدد وكتلة الخلايا الحمر (RBCs) المنتشرة دون زيادات مصاحبة في حجم البلازما (Maśko et al., 2021; Persson,1967). حيث تؤدي الزيادة الناتجة في تركيز الهيموغلوبين إلى زيادة قدرة الدم الشرياني على حمل الأكسجين بنسبة 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; Novosadova,

1977) 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 ليس ناتجة بشكل رئيسي عن تقلص الطحال وإفراغ محتواه من الكريات الحمر في مجرى الدم حيث أشار الباحثين إلى أن تحولات السوائل في الجسم وارتفاع نسبة البروتين الكلي التي تقود إلى انخفاض حجم البلازما –والناتجة جزئياً عن عملية التعرق– تلعب دوراً رئيسياً ومكملاً لارتفاع النسبة المئوية لخلايا الدم المرصوصة والمرتبطة مع الاستجابة الفيزيولوجية لتقلص الطحال (Fielding and Magdesian., 2011; ; Novosadova, 1977).

تم البرهنة والتحقق من صحة تلك الآلية الفيزيولوجية بالاستدلال العلمي العكسي والذي يعبر عنه بالأوساط الطبية بقدرة الجسم على المعاوضة حيث وجد الباحثين أن استئصال الطحال لا معاوضة له وتأكدت نتائج الباحثين من خلال الدراسات التي تم فيها استئصال الطحال حيث أظهرت نتائج تلك الدراسات انخفاض معنوي في أهم مؤشرات مكونات الدم الخلوية (RBCs-WBCs-Hb-PCV) والذي نتج 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 هنالك آثار سلبية تؤدي إلى عواقب مرضية وخيمة والتي تظهر مع زيادة كثافة النشاط الرياضي وارتفاع النسبة المئوية لمكداس الدم 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 انتاج اللاكتات وتراكمه و توالد الجذور الحرة وارتفاع درجة حرارة الجسم ومع الارتباط الناتج عن تلك الآليات التي تتشابك 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; Dintenfass and Fu-lung.,1982) لذلك تعد الفترة التي تعقب السباق أي مرحة 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 لمكداس الدم هي انحلال الدم الناجم عن نوبة تمرين واحدة ويسمى بالانحلال الدموي الفيزيولوجي ويُعرَّف بأنه العملية التي تؤدي إلى تفكك كريات الدم الحمر، والتي تتميز بتخرب 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 (Mairbäur., 2013). بعد تمزق كريات الدم الحمر، ينقسم الهيموغلوبين إلى غلوبين وهيم – الجزيء 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 (Maines., 2001; Bahou et al., 2023). وأن تفكك الهيموغلوبين وتوزعه في البلازما لها تأثيرات ضارة جداً على الخلايا أهمها البيلة الهيموغلوبينية (Lim., 2001; Naryzny et al., 2021).

انحلال الدم الناجم عن التمرين أو السباق هو عملية فيزيولوجية مرضية تُلاحظ في سباقات السرعة والتحمل، وتسببها 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 (Telford et al., 2003; Pakula et al., 2023). يظهر هذا النوع من انحلال الدم ليس فقط أثناء نشاط الجري، ولكن أيضًا 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 and Sanchis-Gomar., 2019). وكذلك تضيق الأوعية الدموية للأعضاء الداخلية، وخاصة الكلى، بسبب زيادة تدفق الدم في العضلات، يساهم أيضًا في إصابة وتمزق كريات الدم الحمر (Jesuthasan et al., 2022 ;Poortmans., 1984). في حين يمكن أن تؤدي العوامل الاستقلابية المتعددة إلى زيادة هشاشة كريات الدم الحمر وبالتالي انحلال الدم. وهذا يشمل الحماض 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 and Watanabe., 2020).

على الرغم من أن ارتفاع عدد الكريات الحمر وخضاب الدم والنسبة المئوية لحجم خلايا الدم المرصوصة تعتبر ظاهرة فيزيولوجية عند خيول السباق والتي تعبر عن استجابة ملحة لعمل الأعضاء وتكامل أنظمة الجسم في حالات السباق، إلا أنه لتلك الارتفاعات عواقب والتي تتمثل إما بزيادة لزوجة الدم بعد السباق مباشرةً 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 أيضًا من التوافر البيولوجي لأكسيد النيتريك (NO)، وهو الذي له الأهمية الكبرى لتنظيم ايقاعات انقباض واسترخاء العضلات الملساء، وتنشيط الصفائح الدموية وغيرها (Reiter et al., 2002; NCBI.2023). ولذلك، بسبب تفاعلات الأكسدة التي تتم وعدم وجود الكسح للجذور الحرة المتولدة بسبب الهيموغلوبين الحر والذي يؤدي انحلال الدم وانخفاض تركيز أكسيد النتريك حيث تؤدي هذه الاضطرابات إلى خلل في توتر العضلات الملساء والذي يمكن أن يؤدي إلى الاختناق واضطرابات في تقلصات الجهاز الهضمي وعسر البلع وآلام البطن وتضيق الأوعية الدموية وارتفاع ضغط الدم والتخثر داخل الأوعية الدموية وحدوث الجلطات والموت المفاجئ أثناء السباق (Rother et al., 2005; Misztal et al., 2021). علاوة على ذلك، يمتلك الهيموغلوبين والهيم خصائص مؤيدة للالتهابات (Planchais et al., 2023). حيث ثبت أن كريات الدم الحمر مصدر لما لا يقل عن 45 سيتوكينًا، على حد 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; Planchais et al., 2023).

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 الكثافة مثل سباقات التحمل (Pakula et al., 2023; Lippi and Sanchis-Gomar., 2019) في حين أكد الباحث (Pakula et al., 2023) أن استخدام المكملات لتجنب تلك الأمراض والاضطرابات والوقاية منها أمر بالغ الأهمية وأشار إلى أن الدراسات في هذا المجال غير متوفرة ويجب أخذها في الاعتبار لتجنب هذه الحالات الخطيرة التي غالبًا 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 إنذار ودلالة جزئية لبداية حدوث انحلال الدم في المرحلة التي تعقب السباق (مرحلة الاستشفاء) وأن زيادة النسبة المئوية لخلايا الدم المرصوصة بعد السباق مباشرة دلالة على زيادة لزوجة الدم والتي تنذر 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; Cywinska et al., 2011; Masini et al., 2003). ولوحظ انحلال الدم في الخيول ذات السلالة القياسية، 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 ارتفاع معنوي في عدد الكريات الحمر والهيموغلوبين ومكداس الدم بالإضافة إلى حدوث الانحلال الدموي بعد التمرين، حيث ربط أنماط انحلال الدم المختلفة بجنس الخيول (Cywinska et al., 2011). علاوة على ذلك ، تم وصف 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 OFE يمكن أن تكون مرتبطة بعدة بعوامل أهمها زيادة انتاج اللاكتات وزيادة درجة الحموضة وزيادة النتاج القلبي والضغط والنبض وزيادة درجة حرارة الجسم (Hanzawa et al., 2021).

كما أظهرتْ نتائجَ الدراسة الحالية وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.0001$) تمثلتْ بحدوثِ انخفاضٍ معنوي ($P\leq0.0001$) في متوسطِ عدد الكريات الحمر وتركيز خضاب الدم في المجموعتين: الثالثة G3 والخامسة G5 التي حُقنتا بالمستحضرِ وذلك عندَ مُقارنتِهما مع المجموعتين: الثانية G2 والرابعة G4 على التوالي.

من بين العديد من النظريات التي فسرت ارتفاع عدد الكريات الحمر و خضاب الدم ومكداس الدم بعد السباق والناتجة 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 تكدس 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 الناجم عن تراكم أنواع الأكسجين 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 والبيلة الهيموغلوبينية واليرقان والتسمم الدموي وحتى السرطان (Forman and Zhang, 2021). ومن المعلوم أن كريات الدم الحمر وخضاب الدم تلعب أدوارًا مهمة في الأعضاء والأنسجة والخلايا، فهي مسؤولة عن نقل الغازات والمغذيات (Kuhn et al., 2017). ومع ذلك، فقد زاد إدراكنا على ضوء الأبحاث وجهود الباحثين وأصبح من الواضح بشكل متزايد أن كريات الدم الحمر والهيموغلوبين تؤدي أيضاً وظائف بيولوجية مهمة أخرى، مثل تنظيم الأكسدة 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., 2016) وكذلك عرضة لزيادة اللزوجة بسبب زيادة تكدس 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 فإن حماية كريات الدم الحمر من الإجهاد التأكسدي هي خط دفاع رئيسي في الوقاية من الأمراض ذات المنشأ الفيزيولوجي والأمراض ذات الصلة.

وأن الانخفاضِ المعنوي في مستوى تركيز خضاب الدم Hb وعدد الكريات الحمر RBCs بعد السباق وبعد نصف ساعة من السباق بعد حقن مكمل إنرجي فورت قد يُعزىَ إلى الجواهرِ الفعالةِ في المُكملِ حيث تشتركُ الخلاصة النباتية الموجودة في المكمل بخاصية مضادات الأكسدة وحماية الكريات الحمر من التلف التأكسدي حيث أن هذه الخاصية لها دوراً كبيراً في القضاء أو تخريب الجذور الحرة المُتولدةِ من السباق والتي لها دوراً حدوث الانخفاض المعنوي وعودة مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر إلى مستوياتها الفيزيولوجية الطبيعية والوقاية من لزوجة الدم وحدوث الانحلال الدموي، حيث يتمتع

الجنسينغ بتلك الخاصية وهذا ما أثبتته دراسة حديثة للباحث (Wang et al., 2023) والذي وجد أن إعطاء جرعة 40 ملغ/كغ من خلاصة الجنسيغ أدت إلى عودة مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر إلى مجالها الفيزيولوجي بعد الجهد العضلي المكثف وأفاد الباحث بأن تلك الخاصية تعود إلى عديدات السكاريد إحدى الجواهر الفعالة في الجينسينغ وأشار الباحث إلى أن عديدات السكاريد في الجينسينغ (GPS) هي أقوى مثبطات الانحلال الدموي الناجم عن التمارين الرياضية وعدم توازن الأكسدة 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 ، و زيادة قدرة الهيموغلوبين على حمل الأكسجين وإطلاقه ، حيث هذه الخواص مرتبطة بتعزيز قدرة مضادات الأكسدة في الكريات الحمر. علاوة على ذلك، تعزز عديدات السكاريد من تحلل الجلوكوز في كرات 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 أن عديدات السكاريد (GPS) تحسن نظام الدفاع المضاد للأكسدة، وتعزز التمثيل الغذائي للطاقة، وتنظم تكوين السكر من خلال تنشيط مسار PPAR gamma co-activator 1 alpha (PGC-1α) في خلايا BRL-3A المعرضة للإجهاد ميكانيكيًا.

وكذلك يتمتع نبات الأملج بخاصية مضاد الأكسدة (Yan et al., 2022) حيث أثبتت دراسة مخبرية أن 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 بأن الخلاصة المائية لنبات الأملج تعمل على حماية غشاء الكريات الحمر وتعزز ارتبطا 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).

وأيضا أثبتت الدراسات العلمية علمية 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 المتوالدة 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 طبياً 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 lacton, (Pandey et al., 2007) والتي ركزت عليها الأبحاث ومازالت الدراسات قائمة حتى الآن لمعرفة أهمية وآلية عمل تلك الجواهر في وظائف أعضاء الجسم (Yuan et al., 2022; Zhang et al., 2023).

أو قد يعودُ ذلك الانخفاضِ المعنوي إلى الجواهرِ الفعالة في العسلِ حيثُ كشفتْ الدراسات التي أُجريتْ في الجسم الحي أنَّ العسلَ قادرٌ على تحفيز نظام الدفاع المضاد للأكسدة في الأنسجة والأعضاء من خلال تعزيزِ أنشطةِ إنزيمات مضادات

الأكسدة الخلوية، مثل سوبر أوكسيد ديسموتاز (SOD)، الكاتلاز (CAT)، والغلوتاثيون بيروكسيديز، والجلوتاثيون S– ترانسفيراز، وعن طريق زيادة مستويات الغلوتاثيون المختزل (Terzo et al. 2020) وبالتالي خفض مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر كما بينتْ نتائجَ تجارب الباحث (Łagowska et al. 2017). وأنَّ المكونات الرئيسة للعسل المسؤولةِ عن الخصائص المضادة للأكسدة هي البوليفينول (الأحماض الفينولية والفلافونويد) وفيتامين C وفيتامين E والإنزيمات (مثل الكاتلاز والبيروكسيديز) والعناصر النادرة (Dżugan 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 تحسين الاستجابات الفيزيولوجية وتساعد في الوصول إلى التكيف الفيزيولوجي و فرض الاستتباب الفيزيولوجي (Hills et al., 2019) حيث أن أغلب اتجاهات الدراسات الحديثة تبحث في آثار تحميل العسل على الخلاصات النباتية لتحديد تأثيراتها التآذرية (Li et al., 2023; Kong et al., 2022) لذلك فإنَّ تناولَ العسلُ بمُفردِه أو مع الخلاصات الطبية أو على شكلِ مُكملات أو مُستحضرات قد يكونُ مفيداً في معالجةِ الأمراض والاضطرابات الفيزيولوجية المرتبطة عادةً بالإجهاد التأكسدي في السباق (Terzo et al. 2020; Hills et al., 2019).

وقد يكون لمجموعة فيتامين B دوراً في تحسين المؤشرات الدموية حيث من المعلوم دورها في تنظيمِ الاستقلاب المولد للطاقة، وبشكلٍ عام أثبتتْ مُراجعةً علميةً للباحث (Tardy et al., 2020) أنَّ لمجموعة فيتامين B دوراً في كسحِ وإتلاف الجذورِ الحرة المُتولدة أثناء السباق وتخفيف التعب العضلي وتحسين الاستجابات الفيزيولوجية وزيادة قوة العضلات من خلال الاستقلاب المتكامل للطاقة.

تتفق نتائج البحث في الإطار العام مع العديد من الأبحاث التي استخدمت المكملات عند الخيول الرياضية بالرغم من اختلاف الخلاصات النباتية والفيتامينات والعناصر المستخدمة في الأبحاث الأخرى (Warren., 2017) ولكن بشكل عام أوضحت العديد من الدراسات أن جميع المكملات بالعموم تتمتع بخاصية رئيسة وهي مضادات الأكسدة والتي لها دور كبير في تحسين الاستجابات الفيزيولوجية وتحسن لأداء الرياضي حماية الخيول من الأمراض وتحسين صحة ورفاهية الخيول (Dockalova et al., 2020; White et al., 2021; Elghandour et al., 2018; Ememe et al., 2015; Yonezawa et al., 2010 Marañón et al., 2008; Kienzle et al., 2006; Williams et al., 2004;)

ختاماً تعتبر الخيول العربية الأصيلة من الحيوانات الرائعة، حيث تتمتع بالرشاقة والقدرة على التحمل. وتساهم النسبة العالية من وزن القلب إلى وزن الجسم، والنتاج 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. قد يكون هذا البحث أدى إلى فهم إحدى القيود المفروضة على أداء الخيول في سباقات السرعة وكذلك قد يكون مكمل إنرجي فورت ساهم في إحداث التعديلات الممكنة لتلك القيود وبالرغم من ذلك مازلنا بحاجة لمزيد من الدراسات المعمقة لفهم آلية عمل المكملات عند الخيول.

7– الاستنتاجات conclusions:

- ❖ من خلالِ دراسةِ الاستجابات الفيزيولوجية تبينَ أنَّ سباقَ 1600 متر يؤدي إلى تغيراتٍ فيزيولوجية حقيقيةٍ تمثلتْ بحدوثِ ارتفاع مستوى تركيز خضاب الدم وعدد الكريات الحمر.

- ❖ بالرغم من أنَّ مستوى خضاب الدم وعدد الكريات الحمر (RBCs-Hb) لا تدلُ على اللياقة البدنية ولكن يمكن اعتبارهما من أهمِ المعايير والمؤشرات الفيزيولوجية لمعرفة درجة خطورة حصول الانحلال الدموي الناتج عن لزوجة الدم لدى الخيول الرياضية.
- ❖ يمكنُ استخدامَ مُؤشرِ خضاب الدم–عدد الكريات الحمر للدلالةِ الجزئية على مستوى الانحلال الدموي عندَ الخيول.
- ❖ أدى إعطاءُ مُكملَ إنرجي فورت إلى خفض عدد الكريات الحمر وتنظيمِ مستوى خضاب الدم بعد السباق.
- ❖ إنَّ إعطاءَ مُكملُ إنرجي فورت للخيولِ الرياضية قبلَ وبعدَ السباق عمل على تحسينِ الاستجابات الفيزيولوجية من خلال خاصياتٍ عديدةٍ يتمتعُ بها المكمل تؤدي إلى ضبطِ النطاقات الفيزيولوجية ضمن الحدود المقبولة والوصول إلى مرحلة التكييف الفيزيولوجي.

8- التوصيات Recommendations:

- ❖ إنَّ مرحلةَ الاستجابات الفيزيولوجية بعدَ انتهاءِ التمرين والسباق تُعدُ مرحلةٌ هامة وخطيرة لذا نوصي بمراقبةِ هذه التغيرات عندَ الخيول الرياضية لأنَّها تمثلُ الحد الفاصل بينَ حدوثِ الأمراضِ والاضطرابات المرضية ومرحلة التكيف الفيزيولوجي.
- ❖ يمكنُ إعطاءُ مُكمل إنيرجي فورت للخيول الرياضية قبل وبعد السباق للوقايةِ من زيادة لزوجة الدم وحدوث الانحلال الدموي الفيزيولوجي والمرتبط مع التعبِ العضليّ ولمّا للمكمل من أثارٍ إيجابيةٍ في تحسينِ الاستجابات الفيزيولوجية وبالتالي تحسين القدرة والسرعة.
- ❖ توسيع البحث مستقبلاً باستخدام مؤشرات الإجهاد التأكسدي 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 وكذلك انزيمات مضادات الأكسدة مثل سوبر أوكسيد ديسموتاز (SOD)، الكاتلاز (CAT)، والغلوتاثيون بيروكسيديز، والجلوتاثيون S–ترانسفيراز..
- ❖ توسيع البحث مستقبلاً من حيثُ المدةِ والزمنِ في دراسة استخدام مكمل إنرجي فورت عندَ الأمهارِ في مراحلِ الإعداد البدني وكذلك عند الخيول خلال مواسم التدريب وفي سباقات التحمل.
- ❖ تكثيف الأبحاث الفيزيولوجية على الخيولِ العربيةِ الأصيلةِ – كونَها تُعتبرُ إرثٌ وطنيٌّ تاريخيٌّ وسلالةٌ فريدةٌ لا مثيل لها– التي تؤدي إلى تطويرِ برامجٍ تدريبيّةٍ سليمةٍ علمياً تعملُ على تحسينِ البرامجِ المحليةِ التقليديّةِ بما يتلاءمُ مع التطورات العلميّةِ العالميّةِ حيثُ تعملُ على تحسينِ اللّياقةِ البدنيّةِ للخيول ووقايتها من الأمراض وصيانة رفاهيتها.

9- المراجع References :

–العبد،أسعد.،والكراد، حسن. (2001): فيزيولوجيا الحيوانات المستأنسة، الجزء العملي. منشورات جامعة البعث–كلية الطب البيطري.

1. 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
2. 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

3. Andriichuk, A., Tkachenko, H., Łukaszewicz, J., Kurhaluk, N., & Tkachova, I. (2014). Physical condition of horses from recreational Crimean and Pomeranian regions. *Globalization and problems of environmental protection.(Eds) T. Noch, J. Saczuk, A. Wesołowska. Publisher by Gdańsk Higher School of Administration, Gdańsk*, 314-361.
4. Arabian Racing Organization UK. Racing data, racing data ARO racing. (2019). https://www.aroracing.co.uk/. [Accessed 28 January 2023].
5. Arfuso, F., Rizzo, M., Giannetto, C., Giudice, E., Cirincione, R., Cassata, G., Cicero, L., et al. (2022). Oxidant and Antioxidant Parameters' Assessment Together with Homocysteine and Muscle Enzymes in Racehorses: Evaluation of Positive Effects of Exercise. *Antioxidants*, *11*(6), 1176. MDPI AG. Retrieved from http://dx.doi.org/10.3390/antiox11061176
6. Bahou, W. F., Marchenko, N., & Nesbitt, N. M. (2023). Metabolic Functions of Biliverdin IXβ Reductase in Redox-Regulated Hematopoietic Cell Fate. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, *12*(5), 1058. https://doi.org/10.3390/antiox12051058
7. 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 [CrossRef] [Google Scholar]
8. Bos, A., Compagnie, E., & Lindner, A. (2018). Effect of racing on blood variables in Standardbred horses. *Veterinary Clinical Pathology*, *47*(4), 625-628.
9. 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
10. Burk, A. O., & Williams, C. A. (2008). *Feeding management practices and supplement use in top-level event horses. Comparative Exercise Physiology, 5(02), 85.* doi:10.1017/s1478061508062786
11. 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
12. Cosgrove, E. J., Sadeghi, R., Schlamp, F., Holl, H. M., Moradi-Shahrbabak, M., Miraei-Ashtiani, S. R., … Brooks, S. A. (2020). *Genome Diversity and the Origin of the Arabian Horse. Scientific Reports, 10(1).* doi:10.1038/s41598-020-66232-1
13. 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.

14. 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
15. 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
16. Dintenfass, L., & Fu-lung, L. (1982). Plasma and blood viscosities, and aggregation of red cells in racehorses. *Clinical Physics and Physiological Measurement*, *3*(4), 293.
17. 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.
18. 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.
19. Dżugan, M., Tomczyk, M., Sowa, P., & Grabek-Lejko, D. (2018). Antioxidant Activity as Biomarker of Honey Variety. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *23*(8), 2069. https://doi.org/10.3390/molecules23082069
20. Elghandour, M. M., Reddy, P. R. K., Salem, A. Z., Reddy, P. P. R., Hyder, I., Barbabosa-Pliego, A., & Yasaswini, D. (2018). Plant bioactives and extracts as feed additives in horse nutrition. *Journal of Equine Veterinary Science*, *69*, 66-77.
21. 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.
22. Fazio, F., Assenza, A., Tosto, F., Casella, S., Piccione, G., & Caola, G. (2017). Training and haematochemical profile in Thoroughbreds and Standardbreds: A longitudinal study. *Livestock Science*, *141*(2-3), 221-226.
23. 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.

24. 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

25. 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).

26. 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, 103202.* doi:10.1016/j.jevs.2020.103202

27. 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

28. 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.

29. 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

30. 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.* doi:10.1017/ecp200690

31. 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

32. Hanzawa K, Kai M, Hiraga A, Watanabe S. (2021). Fragility of red cells during exercise is affected by blood pH and temperature. *Equine Vet J.* 31:610–1. [PubMed] [Google Scholar]

33. Hanzawa, K., & Watanabe, S. (2020). Changes in osmotic fragility of erythrocytes during exercise in athletic horses. *Journal of Equine Science*, *11*(3), 51-61.

34. 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.

35. Hasanovich, K. V., & Vladimirovna, P. L. (2016). Hematological Parameters Of 3-Year-Old Purebred Arabian Race Horses In Different Periods Of Horse Racing Season. World science, 3(5 (9)), 9-11.

36. 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

37. Hinchcliff, K. W., Kaneps, A. J., & Geor, R. J. (2013). *Equine Sports Medicine and Surgery E-Book*. Elsevier Health Sciences.

38. Hodgson, D. R., McGowan, C. M., & McKeever, K. (2014). *The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine*. Elsevier Health Sciences.

39. Householder, D. D., & Douglas, R. H. (2005). Total blood volume and thoroughbred racing performance. *Journal of Equine Veterinary Science*, *25*(1), 14-15.

40. 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

41. Hurcombe S. D. A. (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

42. Hyyppä, S. (2005). Endocrinal responses in exercising horses. *Livestock Production Science*, *92*(2), 113-121.

43. 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.

44. Jesuthasan, A., Ali, A., Lee, J. K. W., & Rutherfurd-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

45. 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

46. 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.

47. Kienzle, E., Freismuth, A., & Reusch, A. (2006). Double-blind placebo-controlled vitamin E or selenium supplementation of sport horses with unspecified muscle problems. An example of the potential of placebos. *The Journal of nutrition*, *136*(7 Suppl), 2045S–2047S. https://doi.org/10.1093/jn/136.7.2045S

48. 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

49. 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.

50. 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.

51. Li, H., Guo, L., Ding, X., An, Q., Wang, L., Hao, S., Li, W., Wang, T., Gao, Z., Zheng, Y., & Zhang, D. (2023). Molecular Networking, Network Pharmacology, and Molecular Docking Approaches Employed to Investigate the Changes in Ephedrae Herba before and after Honey-Processing. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *27*(13), 4057. https://doi.org/10.3390/molecules27134057

52. Lim S. K. (2001). Consequences of haemolysis without haptoglobin. *Redox report : communications in free radical research*, *6*(6), 375–378. https://doi.org/10.1179/135100001101536571

53. 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

54. 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

55. 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

56. Lin, 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

57. Maines M. D. (2001). Overview of heme degradation pathway. *Current protocols in toxicology*, *Chapter 9*, . https://doi.org/10.1002/0471140856.tx0901s00

58. 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

59. 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 Masini A, Tedeschi D, Baragli P, Sighieri C, Lubas G. Exercise-induced intravascular haemolysis in standardbred horses. *Comp Clin Pathol*. (2003) 12:45–8. doi: 10.1007/s00580-002-0470-y [CrossRef] [Google Scholar]

60. Maśko, M., Domino, M., Jasiński, T., & Witkowska-Piłaszewicz, 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

61. McGowan C. (2008). Clinical pathology in the racing horse: the role of clinical pathology in assessing fitness and performance in the racehorse. *The Veterinary clinics of North America. Equine practice*, *24*(2), 405–vii. https://doi.org/10.1016/j.cveq.2008.03.001

62. 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. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *265*(2), R404-R408.

63. 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.

64. Mercier, Q., & Aftalion, A. (2020). Optimal speed in Thoroughbred horse racing. *PloS one*, *15*(12), e0235024. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235024

65. 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(1).* doi:10.1186/s13620-018-0115-3

66. Muñoz, A., Riber, C., Santisteban, R., Lucas, R. G., & Castejón, F. M. (2002). 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

67. 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
68. Naryzny, S. N., & Legina, O. K. (2021). Haptoglobin as a Biomarker. *Biochemistry (Moscow) Supplement. Series B, Biomedical chemistry*, *15*(3), 184–198. https://doi.org/10.1134/S1990750821030069
69. National Research Council. 2017. *Equine Blood Biochemistry*. 6th ed. USA: Washington: The National Academies Press.
70. (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).
71. Novosadova, J. (1977). 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.
72. 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*, *12*(19), 2630. MDPI AG. Retrieved from http://dx.doi.org/10.3390/ani12192630
73. Packirisamy, R. M., Bobby, Z., Panneerselvam, S., Koshy, S. M., & Jacob, S. E. (2018). Metabolomic Analysis and Antioxidant Effect of Amla (Emblica 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
74. 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 endurance horses. *Frontiers in veterinary science*, *10*, 1115776. https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1115776
75. Pandey, M. M., Rastogi, S., & Rawat, A. K. (2007). 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

76. 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.

77. Persson, S. G. B. (1967). On blood volume and working capacity in horses. *Acta Vet. Scand.(Suppl.)*, *19*, 1–189.

78. Piccione, G., Fazio, F., Giannetto, C., Assenza, A., & Caola, G. (2007). Oxidative stress in thoroughbreds during official 1800–metre races. *Veterinarski Arhiv*, *77*(3), 219–227.

79. 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.

80. Piccione, G., Giannetto, C., Fazio, F., Di Mauro, S., & Caola, G. (2009). Haematological response to different workload in jumper horses. *Bulg. J. Vet. Med*, *10*(4), 21–28.

81. Piccione, G., Casella, S., Giannetto, C., Messina, V., Monteverde, V., Caola, G., & Guttadauro, S. (2010). Haematological and haematochemical responses to training and competition in standardbred horses. *Comparative clinical pathology*, *19*, 95–101.

82. Piccione, G., Fazio, A., & Giudice, E. (2017). Oxidative stress in standardbred horses during official races of 1600 and 2000 meters. *Medycyna Weterynaryjna*, *63*(12), 1554.

83. Planchais, C., Noe, R., Gilbert, M., Lecerf, M., Kaveri, S. V., Lacroix–Desmazes, S., Roumenina, L. T., & Dimitrov, J. D. (2023). Oxidized hemoglobin triggers polyreactivity and autoreactivity of human IgG via transfer of heme. *Communications biology*, *6*(1), 168. https://doi.org/10.1038/s42003–023–04535–5

84. Poortmans J. R. (1984). Exercise and renal function. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *1*(2), 125–153. https://doi.org/10.2165/00007256–198401020–00003

85. Reiter, C. D., Wang, X., Tanus–Santos, J. E., Hogg, N., Cannon, R. O., Schechter, A. N., & Gladwin, M. T. (2002). Cell–free hemoglobin limits nitric oxide bioavailability in sickle–cell disease. *Nature medicine*, *8*(12), 1383–1389.

86. Rifkind, J. M., Mohanty, J. G., & Nagababu, E. (2015). The pathophysiology of extracellular hemoglobin associated with enhanced oxidative reactions. *Frontiers in physiology*, *5*, 500.

87. 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), 2013. https://doi.org/10.3390/antiox10122013

88. 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

89. Satué, K., Blanco, O., & Munoz, A. (2009). Age-related differences in the hematological profile of Andalusian broodmares of Carthusian strain. *Veterinární medicína*, *54*(4), 175-182.

90. Satué, K., Hernández, A., & Muñoz, A. (2012). Physiological factors in the interpretation of equine hematological profile. *Hematology–Science and practice*, *24*, 573-596.

91. 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

92. 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.

93. Takahashi, Y., Mukai, K., Ohmura, H., & Takahashi, T. (2020). *Do muscle activities of M. splenius and M. brachiocepalicus decrease due to exercise-induced fatigue in Thoroughbred horses? Journal of Equine Veterinary Science, 102901.* doi:10.1016/j.jevs.2019.102901

94. 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.* Sport Science Division, Equine Research Institute, Japan Racing Association, Tochigi 320-0856, Japan doi:10.1016/j.jevs.2021.10344

95. 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.

96. Telford, R. D., Sly, G. J., Hahn, A. G., Cunningham, R. B., Bryant, C., & Smith, J. A. (2003). Footstrike is the major cause of hemolysis during running. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *94*(1), 38–42. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00631.2001

97. Terzo, S., Mulè, F., & Amato, A. (2020). Honey and obesity-related dysfunctions: A summary on health benefits. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, *82*, 108401.

98. Tyler, R. D., Cowell, R. L., Clinkenbeard, K. D., & MacAllister, C. G. (1987). Hematologic values in horses and interpretation of hematologic data. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, *3*(3), 461-484.

99. 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

100. Vazzana, I., Rizzo, M., Dara, S., Niutta, P. P., Giudice, E., & Piccione, G. (2014). Haematological changes following reining trials in quarter horses. *Acta Scientiae Veterinariae*, *42*(1), 1-5.

101. 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.

102. 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

103. Wang, T., Zeng, Y., 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

104. Warren, H. (2017). Supplements for horses. *Equine Health*, *2017*(35), 11-12.

105. Williams, C. A., Kronfeldt, D. S., Hess, T. M., Saker, K. E., Waldron, J. N., Crandell, K. M., Hoffman, R. M., & Harris, P. A. (2004). Antioxidant supplementation and subsequent oxidative stress of horses during an 80-km endurance race. *Journal of animal science*, *82*(2), 588–594. https://doi.org/10.2527/2004.822588x

106. 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

107. Witkowska-Piłaszewicz, O., Maśko, M., Domino, M., & Winnicka, A. (2020). Infrared Thermography Correlates with Lactate Concentration in Blood during Race Training in Horses. *Animals*, *10*(11), 2072. MDPI AG. Retrieved from http://dx.doi.org/10.3390/ani10112072

108. 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.* doi:10.1016/j.prevetmed.2021.1052.

109. 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

110. Yonezawa, L. A., Machado, L. P., Silveira, V. F. D., Watanabe, M. J., Saito, M. E., Kitamura, S. S., & Kohayagawa, A. (2010). Malondialdeído e troponina I cardíaca em equinos da raça Puro Sangue Árabe submetidos ao exercício e à suplementação com vitamina E. *Ciência Rural*, *40*, 1321–1326.
111. 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 IKKα/β-NF-κB and Keap1-Nrf2 Signalling Pathways. *Frontiers in pharmacology*, *13*, 817596. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.817596
112. 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
113. Zhang, 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
114. Zheng, X., Zhao, Y., Naumovski, N., Zhao, W., Yang, G., Xue, X., Wu, L., Granato, D., Peng, W., & Wang, K. (2022). Systems Biology Approaches for Understanding Metabolic Differences Using 'Multi-Omics' Profiling of Metabolites in Mice Fed with Honey and Mixed Sugars. Nutrients, 14(16), 3445. https://doi.org/10.3390/nu14163445
115. Zobba, R., Ardu, M., Niccolini, S., Cubeddu, F., Dimauro, C., Bonelli, P., ... & Parpaglia, M. L. P. (2011). Physical, hematological, and biochemical responses to acute intense exercise in polo horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, *31*(9), 542-548.
116. Zouhal, H., Rhibi, F., Salhi, A., Jayavel, A., Hackney, A. C., Saeidi, A., ... & Abderrahman, A. B. (2023). The effects of exercise training on plasma volume variations: A systematic review. *International Journal of Sports Medicine*.
117. 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.