" دراسة تأثير الحمل البدني الهوائي واللاهوائي علي تركيز حمض اللاكتيك وبعض أملاح البلازما كمؤشر للتعب العضلي وعلاقته بمعدل السرعة لدي متسابقي المسافات المتوسطة

***أ.م.د/ حمدي عبد الرحيم

**أ.م.د/ محمود عبد الحافظ النجار

*م.د/ عادل حلمي شحاته

مقدمة ومشكلة البحث:-

تعتبر ظاهرة التعب ظاهرة فسيولوجية مركبة تختلف ميكانيكيتها باختلاف نوع العمل العضلي المؤدى كما تختلف درجته باختلاف درجة وشدة العمل العضلي وفترة دوامه لذا فأن هناك محاولات مستمرة من قبل الباحثين والمدربين لمحاولة التعرف على الاسباب التي تؤدي إلى حدوث التعب نظرا للدور الهام الذي يلعبه ذلك في تقنين الاحمال التدريبية و تحديد فترات الاستشفاء المناسبة لتحقيق الهدف من التدريب وبالتالي حدوث عمليات التكيف المستهدفة. (109:2) (3) .

ونظرا لما يتميز به تدريب لاعبي المسافات المتوسطة من مزج بين التدريبات الهوائية واللاهوائية و الزيادة في نسبة التدريبات اللاهوائية حيث تمثل أكثر من 50 % من حجم التدريب الكلي وذلك لدورها في المحافظة على معدل سرعة عالي حتى نهاية السباق فقد ارتبط حدوث التعب لديهم بالعديد من الاسبا ب مثها نقص الاكسجين وتراكم حامض اللاكتيك خاصة في نهاية السباق(12) (50:19) (9)

ويوكد ذلك كل من Hirvonen et al.(1992) بأن تراكم اللاكتيك في العضلات والدم وانخفاض تركيز الفوسفوكرياتين بعد أداء التدريبات اللاهوائية ذات الشدة العالية لدى متسابقي 400 م عدو يؤدي إلى حدوث التعب العضلي. (14)

وعلى العكس من ذلك توصل Housh et. al. (1992) إلى أنه لاتوجد علاقة دالة إحصائيا بين القدرة على الجري لاهوائيا وقمة تركيز اللاكتيك بالبلازما.(15)

ويتفق ذلك مع ما توصل إلية Connett et. al. (1984) من أن وجود حمض اللاكتيك لايعني أن العضلة تعمل لاهوائيا أثناء التدريب حيث يتكون ويتم التخلص منه باستمرار وبمعدلات اسرع حتى في وقت الراحة وبدون شك يمكن أن يتكون حمض اللاكتيك في العضلات التي يتم تزويدها بكمية كافية من الاكسجين(8).

إلا أنه قد ساد الاعتقاد لفترات طويلة بأن زيادة تركيز حمض اللاكتيك في العضلات والدم من الاسباب الشائعة لحدوث التعب العضلي لدى متسابقي المسافات المتوسطة نظرا لما يتطلبه تدريبهم من زيادة نسبة العمل اللاهوائي ذات الشدة العالية.

*** أستاذ مساعد بقسم علوم الصحة الرياضية – كلية التربية الرياضية –جامعة حلوان

** أستاذ مساعد بقسم علوم الصحة الرياضية – كلية التربية الرياضية –جامعة حلوان

* مدرس بقسم التدريب الرياضي – كلية التربية الرياضية –جامعة حلوان

ويرجع Sjogaard &. McComas (1995) حدوث التعب العضلي إلى زيادة تحرر أيون الهيدروجين المصاحب لتراكم حمض اللاكتيك في العضلات النشطة حيث يعمل أيون الهيدروجين على تثبيط الانزيمات الاساسية في عملية الجلكزة خاصة إنزيم الفوسفوفركتوكيناز كما يؤدي زيادة أيضا إلى تدهور ميكانيكية الانقباض من خلال التحكم في تحرر الكالسيوم من الشبكة السيتوبلازمية وبالتالي يؤثر سلبيا على استقرار البيئة الداخلية للجسم.(12)

كما قد يرتبط التعب العضلي في سباقات المسافات المتوسطة بالتغير في الحالة الفسيولوجية للعضلة حيث تعتمد الألياف العضلية بدرجة كبيرة في أداء وظائفها علي توازن بعض الأملاح المتأينة نظرا لما لها من دورا هاما في المحافظة على استقرار البيئة الداخلية من خلال تأثيرها على بعض التفاعلات الايضية فمثلا يرتبط الكالسيوم ببعض البروتينات الخاصة مثل التروبونين وهو أحد البروتينات المنظمة للويفات العضلية والتي تعتبر خطوة ضرورية لبداية تحرك الاكتين نحو المايوسين لاحداث الانقباض العضلي وبالتالي توليد القوة ومن ثم فان التغير في تركيز أيون الكالسيوم يمكنه تغيير نشاط اللويفات العضلية مما يؤدي إلى تدهور الاداء العضلي وينتج عن ذلك حدوث التعب حتى في حالة استمرار المثيرات العصبية في تنشيط الليفة العضلية. (351:19) (9)

بالاضافة إلى أن تركيز بعض الايونات يلعب دورا هاما في المحافظة على فرق الجهد الكهربائي لغشاء الخلية وذلك لتوصيل الاشارات العصبية لاحداث الاستثارة العضلية المطلوبه فمثلا يؤدي أى تغيير في تركيز ايونات الصوديوم والبوتاسيوم حول غشاء الخلية إلى ما يعرف بفقد الاستقطاب وبالتالي حدوث التعب.(30)

ويتفق ذلك مع نتائج كل من Bangsbo et al.(1996);Sejersted et al. (2000) Lindinger & Sjogaard (1991) حيث توصلوا إلى أن التغيرات التي تحدث في تركيز أيون البوتاسيوم والصوديوم كنتيجة للتدريبات ذات الشدة العالية يؤدي إلى حدوث التعب في العضلات الهيكلية حيث تؤثر هذه التغييرات على فرق الجهد الكهربائي لغشاء الخلية وقوة الاستثارة كما يروا أن التغير في تركيز أيون البوتاسيوم يكون أكثر مساهمة في حدوث التعب. (17)(4)(30)

ويفسر Sejersted (1992) إرتباط التعب بالتغير في تركيز كل من أيونات الصوديوم والبوتاسيوم حول غشاء الخلية بعدم كفاية ضخ الصوديوم –بوتاسيوم ويرى أن كثافة الضخ ربما لا تكون كبير بدرجة تكفي للتعويض الكامل للايونات المتحررة خلال فرق الجهد.(29)

ونظرا للتباين في تفسير الاسباب التي تؤدي إلى حدوث التعب لدى متسابقي المسافات المتوسطة وفي إطار عمل الباحثين في مجال تدريب ألعاب القوى ومعايشتهم للاحمال التدريبية التي يؤديها لاعبيهم فقد برزت الحاجة إلى إجراء هذه الدراسة لمحاولة التعرف على تأثير الحمل البدني الهوائي واللاهوائي على تركيز حمض اللاكتيك وبعض املاح البلازما (الصوديوم –البوتاسيوم – الكالسيوم) التي قد تعتبر من الاسباب الشائعة لحدوث التعب وذلك بتتبع التغيرات التي تحدث في هذة المتغيرات و محاولة التعرف على العلاقة بين قمة تركيز حمض اللاكتيك وقمة تركيز أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم ومعدلات السرعة خلال الحمل البدني الهوائي واللاهوائي لدى متسابقي المسافات المتوسطة.

الدراسات السابقة:-

- **قام ابو العلا عبد الفتاح (1985)** بدراسة '' تأثير 1500 م جري على ايونات الصوديوم والبوتاسيوم والبولينا في مصل الدم''. بهدف التعرف على تأثير حمل بدني مقنن (1500 م) على بعض الاملاح المتأينة (الصوديوم والبوتاسيوم) والبولينا في محاولة من الباحث للتعرف على كفاءة الكلى تحت تأثير الضغوط الفسيولوجية العالية ، وذلك على عينة قوامها 25 لاعب من لاعبي المسافات المتوسطة وتراوحت اعمارهم من 18-24 سنة. وقد تم سحب الدم قبل وبعد الجري مباشرة وتوصل الباحث إلى وجود انخفاض دال في تركيز ايونات الصوديوم و زيادة دالة في تركيز ايونات البوتاسيوم والبولينا (1)

- **اجرى نوميلا وأخرون Nummela et. al. (1992)** دراسة بعنوان ''التغيرات في إنتاج القوة ومستوى لاكتات الدم و نشاط العضلة الكهربائي في 400 م عدو''. وهدفت الدراسة إلى التعرف على التغير في إنتاج القوة لدى عدائي 400 م بالاضافة إلى العلاقة بين التغير في انتاج القوة وتركيز لاكتات الدم و نشاط العضلة الكهربائي في 400 م عدو.
على عينة قوامها 6 عدائيين تراوحت اعمارهم من 19- 27 سنة ، حيث قام العدائون بالعدو لمسافة 400 م و200 م اليوم ألاول بينما قاموا بالعدو لمسافة 100 م و300 م في اليوم الثاني.
وقد توصل الباحثون إلى أن بلوغ قمة تركيز اللاكتات في الدم كانت بعد 3 ق من العدو لمسافة 100 م وبعد 6 ق في المسافات الاخرى ، وكذلك وجود إرتباط دال بين قمة تركيز اللاكتيك و زمن العدو لمسافة 400 م
واستخلص الباحثون أن التعب لدي عدائي 400 م غالبا ما يرتبط بالعمليات التي تتم داخل العضلات الهيكلية وليس له علاقة بالجهاز العصبي المركزي.(24)

- **قام ميدبو واخرون Medbo et. al. (1994)** بدراسة '' تغيرات أيون البوتاسيوم خلال التدريبات ذات الشدة العالية لدي ممارسي تدريبات التحمل و السرعة'' بهدف التعرف على تركيز البوتاسيوم بالبلازما لدي 5 لاعبين مدربين جيدا على التحمل و6 عدائيين مدربين جيدا على السرعة خلال وبعد الجري المجهد لمدة 1 ق على السير المتحرك وقد تم سحب عينات الدم قبل الأداء وبعد 1ق ، 3 ق ، 6 ق خلال فترة الراحة.
وقد توصل الباحثون إلى عدم وجود فروق دالة بين لاعبي التحمل ولاعبي العدو في تركيز أيون البوتاسيوم بعد الأداء المجهد على السير المتحرك وقد استخلص الباحثون أن التدريبات التي تؤدى بشدة منخفضة أو لفترة قصيرة ينتج عنها تغيرات طفيفة في تركيز أيون البوتاسيوم خلال التدريب وفترات الراحة. (21)

- **قام بولي واخرون Boulay et. al. (1995)** بدراسة التغييرات في املاح البلازما ومواد العضلة خلال التمرينات ذات الشدة القصوى وفترة الدوم القصيرة في الانسان. بهدف مقارنة تأثير ثلاثة اختبارت ذات شدة قصوى لمدة 10 ثواني و30 ثانية و90 ثانية على حجم الدم واملاح البلازما والجلوكوز والجلسيرول واللاكتيك وثلاثي أدينوزين الفوسفات والفسفوكرياتين وتركيز اللاكتيك وقد تم تطبيق التجربة على 7 افراد من غير المدربين تم توزيعهم بطريقة عشوائية لإداء الاختبارت الثلاثة ، وقد تم سحب عينات الدم قبل وبعد الاداء مباشرة وخلال 5 ق ، 20 ق ، 60 ق ، 120 ق من وقت الراحة ، وقد توصل الباحثون زيادة مستوى البوتاسيوم في البلازما في الاختبارات الثلاث ثم عاد إلى مستواه بعد 5 ق من الراحة في حين لم يحدث تغير في تركيز كل من الصوديوم والكلور وكما ارتبط التغير في لاكتات الدم بفترة دوام الاختبار. (6)

- أجرى جيا وأخرون Jia et. al. (2002) دراسة بعنوان'' تأثير التعب والتدريب على تنظيم أيون الكالسيوم بالشبكة السيتوبلازمية في العضلات الهيكلية للانسان'' وهدفت الدراسة إلى التعرف على تأثير التعب والتدريب علي تنظيم أيون الكالسيوم في ثلاثة مجموعات الاولى ضابطة (8 افراد غير مدربين) والثانية (8 لاعبيين مدربين على التحمل) اما الثالثة (8 لاعبين مدربين جيدا على تدريبات المقاومة) وقد تم اخذ عينات من النسيج العضلي (العضلة المتسعة الوحشية) في الراحة وبعد أداء 50 انقباضة للعضلة ذات الاربع رؤوس الفخذية بهدف دراسة تركيب الالياف واقصي معدل لتحرر الكالسيوم وقد توصل الباحثون إلى أن معدل تحرر الكالسيوم لدى مجموعة التحمل اقل منه بالمقارنة بغير المدربين ومجموعة تدريبات المقاومة وقد استنتج الباحثون أن التعب يؤدي إلى تقليل تحرر الكالسيوم من الشبكة السيتوبلازمية في المجموعات الثلاث ويرتبط هذا الانخفاض بقابلية الالياف العضلية للتعب ونسبة الالياف العضلية السريعة لدى كل مجموعة.(16)

أهداف البحث:-

1- التعرف علي تأثير الحمل البدني الهوائي واللاهوائي علي تركيز حمض اللاكتيك كمؤشر للتعب العضلي لدي متسابقي المسافات المتوسطة؟

2- التعرف علي تأثير الحمل البدني الهوائي واللاهوائي علي تركيز بعض أملاح البلازما (الصوديوم- البوتاسيوم - الكالسيوم) كمؤشر للتعب العضلي لدي متسابقي المسافات المتوسطة؟

3- التعرف علي العلاقة بين قمة تركيز حمض اللاكتيك وبعض أملاح البلازما (الصوديوم – البوتاسيوم – الكالسيوم) ومعدل السرعة خلال الحمل البدني الهوائي واللاهوائي لدي متسابقي المسافات المتوسطة؟

فروض البحث:-

1- توجد فروق دالة إحصائية بين تركيز حمض اللاكتيك بعد أداء الحمل البدني الهوائي والحمل البدني اللاهوائي لدى متسابقي المسافات المتوسطة لصالح الحمل البدني اللاهوائي.

2- توجد فروق دالة إحصائية في تركيز بعض أملاح البلازما (الصوديوم- البوتاسيوم – الكالسيوم) بعد أداء الحمل البدني الهوائي والحمل البدني اللاهوائي لدى متسابقي المسافات المتوسطة لصالح الحمل البدني اللاهوائي.

3 – توجد علاقة دالة إحصائية بين قمة تركيز حمض اللاكتيك وبعض املاح البلازما (الصوديوم- البوتاسيوم – الكالسيوم) ومعدلات السرعة خلال الحمل البدني الهوائي واللاهوائي لدي متسابقي المسافات المتوسطة.

مصطلحات البحث:-

حمض اللاكتيك:- **Lactic Acid**

"الناتج النهائي لأكسدة حمض البيروفيك في عملية الجلكزة اللاهوائية" (31:ج 10)

ضخ الصوديوم- بوتاسيوم:- **Na^+-K^+ Pump**

"الحامل الذي ينقل بنشاط أيونات الصوديوم (Na^+) خارج الخلية وأيونات البوتاسيوم (K^+) إلى داخل الخلية" (31:ج 11)

إجراءات البحث :-

العينة:-

اشتملت عينة البحث علي تسعة متسابقين قد تم اختيارهم بالطريقة العمدية من متسابقي المسافات المتوسطة للدرجة الأولى بنادي الزمالك و الأهلي والترسانة ونادي محافظة الفيوم وقد تراوحت اعمارهم التدريبية من 2- 10 سنوات وقد اشتركوا جميعا في بطولة الجمهورية للدرجة الاولى في سباق 800 م جري وتراوحت أزمنتهم من 1.52 ق إلى 1.58 ق في سباق 800 م جري في حين كانت افضل ازمنه لهم في سباق 1500 م تراوحت من 3.55 ق إلى 4.03 ق ، و قد تم إختيار عينة البحث وفقا للمستوى الرقمي وليس للعمر التدريبي.

يوضح جدول (1) خصائص عينة البحث من حيث السن والطول والوزن والعمر التدريبي.

جدول 1. توصيف عينة البحث

المتـــــغيرات	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
السن (سنة)	22.11	±1.36
الطول (سم)	175.33	±4.90
الوزن (كجم)	68.17	±6.53
العمر التدريبي (سنة)	5.66	±2.69

تجربة البحث:-

قام الباحثون بتطبيق تجربة البحث علي يومين منفصلين حيث قام اللاعبين بالعدو لمسافة 400 م (الحمل البدني اللاهوائي) في اليوم الأول والجري لمسافة 3000 م (الحمل البدني الهوائي) في اليوم الثاني وقد تم تشجيع جميع المشاركين بالعدو بأقصى سرعة لديهم، وقبل بدء التجربة تم تسجيل كل من الطول والوزن وكذلك تم توضيح أهداف وأهمية البحث و كذلك الإجراءات المتبعة في التجربة لجميع المشاركين ، و قد تم سحب عينات الدم (5 سم) من جميع أفراد عينة البحث قبل وبعد أداء الحمل البدني اللاهوائي والحمل البدني الهوائي مباشرة و بعد 3 ق ، 5 ق،10ق و30 ق خلال فترة الراحة ولقد تم سحب عينات الدم بواسطة طبيب متخصص بعد موافقة جميع اللاعبين على أخذ عينات الدم منهم وتم إجراء التحاليل في نفس اليوم بمعامل معهد القلب القومي بامبابه وقد تم فصل الدم باستخدم جهاز الطرد المركزي في مكان إجراء التجربة. وتعد عملية سحب عينات الدم من أكبر الصعوبات التي واجهت الباحثون أثناء تطبيق التجربة إلا أن الباحثون قد قاموا بشرح أهمية الدراسة ومردودها بالنسبة للاعبين المشاركين في التجربة و إقناعهم بالموافقة على سحب عينات الدم.

متغيرات البحث:

- قياس تركيز حمض اللاكتيك في البلازما قبل وبعد أداء الحمل البدني اللاهوائي (400 م عدو) والحمل البدني الهوائي (3000 م جري) مباشرة وبعد 3 ق ، 5 ق ، 10 ق و 30 ق من فترة الراحة السلبية.
- قياس تركيز بعض املاح البلازما (الصوديوم – الكالسيوم –البوتاسيوم) قبل وبعد أداء الحمل البدني اللاهوائي (400 م عدو) والحمل البدني الهوائي (3000 م جري) مباشرة وبعد 3 ق ، 5 ق ، 10 ق و 30 ق من فترة الراحة السلبية.
- قياس المستوي الرقمي لكل من 400 م و3000 م جري بواسطة ثلاثة ساعات إيقاف ثم استخراج معدلات السرعة (م/ثانية).

المعالجة الإحصائية:-

استخدم الباحثون تحليل التباين في اتجاهين (ANOVA) لمعالجة البيانات إحصائيا مع استخدام اختبار تيوكي لتوضيح الفروق في تركيز كل حمض اللاكتيك و أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم بالبلازما بين الحمل البدني اللاهوائي والحمل البدني الهوائي باعتبار أن نوعية التدريب وتوقيت القياسات المصدر الرئيسي للتباين.

كما تم استخدام معامل الارتباط لسبيرمان (Spearman) لوصف الارتباط الخطي بين قمة تركيز حمض اللاكتيك وأملاح الصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم ومعدل السرعة لـ 400 م عدو و3000 م جري ، وقد تم قبول مستوى الدلالة الإحصائية عند $P \leq 0.5$ %.

النتائج:

- يوضح جدول (2) المتوسط الحسابي والخطا المعياري لتركيز حمض اللاكتيك في البلازما قبل وبعد أداء الحمل البدني اللاهوائي (400 م عدو) والحمل البدني الهوائي (3000 م جري) مباشرة وبعد 3 ق ، 5 ق ، 10 ق و 30 ق من فترة الراحة.

جدول 2. تركيز حمض اللاكتيك في البلازما (مليمول/لتر) قبل وبعد أداء الحمل البدني الهوائي واللاهوائي لدي متسابقي المسافات المتوسطة(المتوسط الحسابي و الخطأ المعياري).

المتغيرات	حمض اللاكتيك (مليمول /لتر)						المتوسط الحسابي والخطا المعياري
	قبل الأداء	بعد الأداء	3 دقائق	5 دقائق	10 دقائق	30 دقيقة	
الحمل البدني اللاهوائي (400 م عدو)	1.34 ± 0.13	10.13 ± 0.27	10.41 ± 0.19	10.13 ± 0.20	9.44 ± 0.41	7.61 ± 0.40	**^{f}8.22 ±0.37**
الحمل البدني الهوائي (3000 م جري)	1.29 ±0.14	8.49 ±0.47	7.97 ± 0.48	7.44 ±0.46	6.23 ± 0.64	3.21 ± 0.38	**5.84 ±0.35**
المتوسط الحسابي والخطا المعياري	**1.32 ±0.09**	**^{a}9.32 ±0.33**	**^{a}9.19 ± 0.41**	**^{a}8.79 ± 0.45**	**^{a,b}7.64 ±0.58**	**^{a,b,c,d,e}5.14 ±0.60**	

^{a} = $P \leq 0.05$ بالمقارنة بالراحة ، ^{b} = $P \leq 0.05$ بالمقارنة ببعد الأداء ، ^{c} = $P \leq 0.05$ بالمقارنة بـ 3 ق

^{d} = $P \leq 0.05$ بالمقارنة بـ 5 ق ، ^{e} = $P \leq 0.05$ بالمقارنة بـ 10 ق ، ^{f} = $P \leq 0.05$ بالمقارنة بـ 3000 م جري.

واظهرت النتائج الموضحة في جدول (2) حدوث زيادة دالة إحصائيا في تركيز حمض اللاكتيك بعد الأداء مباشرة وبعد 3 ق ، 5 ق ، 10 ق و 30 ق بالمقارنة بمستوى تركيز اللاكتيك قبل الاداء لكل من الحمل البدني الهوائي والحمل البدني اللاهوائي .

كما توجد فروق دالة إحصائيا($P \leq 0.05$) بين الحمل البدني اللاهوائي (400 م عدو) والحمل البدني الهوائي (3000 م جري) لصالح الحمل البدني اللاهوائي حيث انخفض تركيز حمض اللاكتيك بصورة اسرع بعد أداء الحمل البدني الهوائي بالمقارنة بالحمل البدني اللاهوائي

- يوضح جدول(3) المتوسط الحسابي والخطا المعياري لتركيز الصوديوم في البلازما قبل وبعد أداء الحمل البدني اللاهوائي (400 م عدو) والحمل البدني الهوائي (3000 م جري) مباشرة وبعد 3 ق ، 5 ق ، 10 ق و 30 ق من فترة الراحة.

جدول 3. تركيز الصوديوم (Na^+) في البلازما (مليمول/لتر) قبل وبعد أداء الحمل البدني الهوائي واللاهوائي لدي متسابقي المسافات المتوسطة(المتوسط الحسابي و الخطأ المعياري).

المتـــغيرات	تركيز الصوديوم (مليمول/لتر)						المتوسط الحسابي والخطا المعياري
	قبل الأداء	بعد الأداء	3 دقائق	5 دقائق	10 دقائق	30 دقيقة	
الحمل البدني اللاهوائي (400 م عدو)	139.11 ±1.74	139.78 ±1.54	139.67 ±1.59	139.33 ±1.57	139.56 ±1.66	139.00 ±1.55	**139.41 ±0.63**
الحمل البدني الهوائي (3000 م جري)	139.22 ±1.40	140.22 ±0.98	140.33 ±1.26	140.33 ±1.38	139.56 ±0.91	140.11 ±1.42	**139.96 ±0.47**
المتوسط الحسابي والخطا المعياري	**139.17 ±1.01**	**140.00 ±0.89**	**140.00 ±0.99**	**139.94 ±1.02**	**139.44 ± 0.92**	**139.56 ± 1.03**	

أظهرت النتائج الموضحة في جدول (3) زيادة طفيفة غير دالة إحصائيا في تركيز أيون الصوديوم بعد الأداء مباشرة وكذلك بعد 3 ق ، 5 ق ، 10 ق، و 30 ق من الراحة السلبية وكذلك عدم وجود فروق دالة إحصائيا بين الحمل البدني الهوائي و الحمل البدني اللاهوائي في تركيز الصوديوم بالبلازما.

- يوضح جدول (4) المتوسط الحسابي والخطا المعياري لتركيز البوتاسيوم في البلازما قبل وبعد أداء الحمل البدني اللاهوائي (400 م عدو) والحمل البدني الهوائي (3000 م جري) مباشرة وبعد 3 ق ، 5 ق ، 10 ق و 30 ق من فترة الراحة.

جدول 4. تركيز البوتاسيوم (K^+) في البلازما (مليمول/لتر) قبل وبعد أداء الحمل البدني الهوائي واللاهوائي لدي متسابقي المسافات المتوسطة(المتوسط الحسابي و الخطأ المعياري).

المتـــغيرات	تركيز البوتاسيوم (مليمول/لتر)						المتوسط الحسابي والخطا المعياري
	قبل الأداء	بعد الأداء	3 دقائق	5 دقائق	10 دقائق	30 دقيقة	
الحمل البدني اللاهوائي (400 م عدو)	4.08 ±0.06	4.04 ±0.04	3.93 ±0.06	3.84 ±0.05	3.90 ±0.03	3.90 ±0.04	**3.95 ±0.02**
الحمل البدني الهوائي (3000 م جري)	4.08 ±0.06	4.01 ±0.05	3.98 ±0.04	3.98 ±0.04	3.95 ±0.05	3.98 ±0.03	**3.99 ±0.01**
المتوسط الحسابي و الخطا المعياري	**4.08 ±0.04**	**4.03 ±0.03**	**3.96[a] ±0.04**	**3.91[a,b] ±0.03**	**3.92 [a,b] ± 0.03**	**3.94[a] ± 0.02**	

[a] = $P \leq 0.05$ بالمقارنة بالراحة ، [b] = $P \leq 0.05$ بالمقارنة ببعد الأداء .

أظهرت النتائج الموضحة في جدول (4) انخفاض طفيف غير دال إحصائيا في تركيز البوتاسيوم بعد الأداء مباشرة بينما انخفض بدلالة بعد 3 ق ، 5 ق ، 10 ق ثم عاد إلي تركيزه الطبيعي بعد 30 ق من فترة الاستشفاء وكذلك عدم وجود فروق دالة إحصائيا بين الحمل البدني الهوائي و الحمل البدني اللاهوائي في زيادة تركيز البوتاسيوم .

- يوضح جدول (5) المتوسط الحسابي والخطا المعياري لتركيز الكالسيوم في البلازما قبل وبعد أداء الحمل البدني اللاهوائي (400 م عدو) والحمل البدني الهوائي (3000 م جري) مباشرة وبعد 3 ق ، 5 ق ، 10 ق و 30 ق من فترة الراحة

جدول 5. تركيز الكلسيوم (Ca^{++}) في البلازما (مليمول/لتر) قبل وبعد أداء الحمل البدني الهوائي واللاهوائي لدي متسابقي المسافات المتوسطة(المتوسط الحسابي و الخطأ المعياري).

المتغيرات	تركيز الكالسيوم (مليمول/لتر)						المتوسط الحسابي والخطا المعياري
	قبل الأداء	بعد الأداء	3 دقائق	5 دقائق	10 دقائق	30 دقيقة	
الحمل البدني اللاهوائي (400 م عدو)	9.56 ±0.79	9.77 ±0.39	9.72 ±0.34	9.54 ±0.50	9.67 ±0.48	8.90 ±0.50	**9.53 ±0.20** [f]
الحمل البدني الهوائي (3000 م جري)	8.39 ±0.49	9.37 ±0.74	8.76 ±0.42	8.79 ±0.36	8.38 ±0.43	8.28 ±0.62	**8.66 ±0.21**
المتوسط الحسابي و الخطا المعياري	**8.97 ±0.47**	**9.57 ±0.41**	**9.24 ±0.29**	**9.17 ±0.31**	**9.02 ± 0.35**	**8.59 ± 0.40**	

[f] = $P \leq 0.05$ بالمقارنة بـ 3000 م

واظهرت النتائج الموضحة في جدول (5) حدوث زيادة غير دالة إحصائيا في تركيز أيونا ت الكالسيوم بعد الأداء مباشرة وبعد 3 ق ، 5 ق و 10 ق بعد الحمل البدني الهوائي والحمل اللاهوائي في حين انخفض تركيز الكالسيوم بعد 30 ق إلى مستوى اقل بالمقارنة بالقياس في الراحة.
كما توجد فروق دالة إحصائيا ($P \leq 0.05$) في زيادة تركيز أيونات الكالسيوم بين الحمل البدني اللاهوائي والحمل البدني الهوائي لصالح الحمل البدني اللاهوائي.

- يوضح جدول (6) قيمة (ر) لمعامل الارتباط (لسبيرمان) بين قمة تركيز حمض اللاكتيك و أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم بعد أداء الحمل البدني الهوائي واللاهوائي ومعدل السرعة (م/ثانية) .

جدول 6. العلاقة بين معدل السرعة (م/ ثانية) في الحمل البدني الهوائي (3000 م جري) والحمل البدني اللاهوائي (400 م عدو) و قمة تركيز حمض اللاكتيك وأملاح الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم لدى متسابقي المسافات المتوسطة.

المتغيرات	معدل السرعة (م/ثانية)			
	الحمل اللاهوائي (400 م عدو)		الحمل الهوائي (3000 م جري)	
	قيمة(ر)	مستوى الدلالة	قيمة(ر)	مستوى الدلالة
حمض اللاكتيك	0.17	غير دالة	0.22	غير دالة
الصوديوم	0.46	غير دالة	0.15	غير دالة
البوتاسيوم	0.38	غير دالة	0.36	غير دالة
الكالسيوم	0.30	غير دالة	- 0.20	غير دالة

واظهرت النتائج الموضحة في جدول (6) عدم وجود ارتباط دال احصائيا بين كل من قمة تركيز حمض اللاكتيك ، أيونات الصوديوم و البوتاسيوم و الكالسيوم ومعدل السرعة للحمل البدني الهوائي (3000 م جري) و اللاهوائي (400 م عدو).

مناقشة النتائج:

اظهرت نتائج الدراسة (جدول 2) وصول قمة تركيز اللاكتيك بالبلازما بعد 5 – 10 دقائق من الحمل البدني اللاهوائي في حين كانت قمة تركيز اللاكتيك بعد الحمل البدني الهوائي من 3- 5 دقائق وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه كل من Ohkuwa et. al.(1984) Nummela et. al.(1992); Beaulieu et. al.(1995) ; Nummela & Rusko (1995) (25) (24)(23)(5)

كما أوضحت النتائج وجود فروق دالة إحصائيا ($P \leq 0.05$) في تركيز حمض اللاكتيك بعد الحمل البدني اللاهوائي بالمقارنة بتركيزه بعد الحمل البدني الهوائي وقد يرجع ذلك إلى أن الأداء في الحمل البدني اللاهوائي يعتمد بدرجة كبيرة على الطاقة المستمدة من الجلكزة اللاهوائية نظرا لارتفاع معدل السرعة خلال الحمل البدني اللاهوائي (7.41- 7.99 م/ثانية) بالنسبة للحمل البدني الهوائي (4.56- 5.36 م/ثانية) الذي يعتمد على النظام الهوائي لأنتاج للطاقة وقد يرجع ذلك لان الطاقة المطلوبة لأداء التدريبات ذات الشدة القصوى أو الاقل من القصوى تكون اكبر من كمية الطاقة المتحررة من الاكسدة الهوائية كما يتضح من الجدول أن معدل التخلص من حمض اللاكتيك بعد الحمل البدني الهوائي كان اسرع وقد يرجع ذلك لان معدل انتاج اللاكتيك بعد الحمل البدني اللاهوائي يكون اسرع من معدل التخلص منه بالمقارنة بالحمل البدني الهوائي وهذا ما يؤكده Stanley et. Al. (1986) . (32)

وتؤكد النتائج الواردة في جدول (2) صحة الفرض الأول بوجود فروق دالة احصائيا بين تركيز حمض اللاكتيك بعد اداء الحمل البدني اللاهوائي بالمقارنة بالحمل البدني الهوائي ويرى الباحثون أن زيادة تراكم حمض اللاكتيك في الدم قد لا يسهم بدرجة كبيرة في حدوث التعب

العضلي خلال التدريبات مختلفة الشدة (اللاهوائية والهوائية) لدى متسابقي المسافات المتوسطة قيد البحث.

ويعضد ذلك Fitts (1994) الذي توصل إلى وجود علاقة عكسية بين الزيادة في حمض اللاكتيك والانخفاض في إنتاج القوة وكذلك مستوى الاداء خلال التدريبات ذات الشدة العالية ويشير إلى أن اللاكتيك يلعب دور صغير جداً أو منعدم في حدوث التعب العضلي .(10)

ويتفق ذلك أيضا مع ما توصل اليه Chase & Kushmerick (1988) من أن تراكم حمض اللاكتيك(حتى50 مليمول) يؤثرعلى إنتاج القوة وسرعة الإنقباض بدرجة قليلة لذا لا يعتبر سبب مباشر للتعب في العضلات الهيكيلية. (7)

وكما يرجع Sahlin et. al العلاقة العكسية بين زيادة حمض اللاكتيك والانخفاض في القوة إلى أنخفاض pH العضلة و زيادة تحرر أيون الهيدروجين الذي يلعب الدورالرئيسي في حدوث التعب. (28) و في حين يشير Bangsbo et al.(1996) إلى أن زيادة تركيز حمض اللاكتيك بالعضلة لايقلل من عملية الجلكزة ولايعتبر السبب الاساسي للتعب خلال التدريبات ذات الشدة العالية ويعزي حدوث التعب إلى تراكم البوتاسيوم بالعضلة.(4)

أظهرت النتائج الموضحة في جدول (3) وجود زيادة طفيفة غير دالة إحصائيا في تركيز أيون الصوديوم بعد الأداء مباشرة وكذلك بعد 3 ق ، 5 ق ، 10 ق، و 30 ق من الراحة السلبية وكذلك عدم وجود فروق دالة إحصائيا بين الحمل البدني الهوائي و الحمل البدني اللاهوائي في تركيز أيون الصوديوم بالبلازما.

وتتفق هذه النتائج مع Beaulieu et. al.(1995) حيث توصل إلي عدم وجود تغيير دال في تركيز أيون الصوديوم بالبلازما بعد المجهود أوخلال فترة الراحة بعد أداء ثلاثة اختبارات بالشدة القصوى على الدراجة الثابتة لمدة (10 ثواني-30 ثانية –90 ثانية) (5) وكذلك بعد أختبار 100 م سباحة Goodman et. al.(1985) (13) وقد ترجع الزيادة الغير دالة في تركيز الصوديوم إلى إنخفاض تركيز بلازما الدم كنتيجة للعرق ولكن بعد 4 ق تقريبا من الأداء يهبط مستوى الصوديوم إلى مستواة الطبيعي كنتيجة لأرتفاع نسبة تركيز الهيموتوكريت.(29)

في حين كان هناك انخفاض طفيف غير دال إحصائيا في تركيز أيون البوتاسيوم (جدول 4) بعد الأداء مباشرة بينما انخفض بدلالة بعد 3 ق ، 5 ق ، 10 ق ثم عاد إلي تركيزه الطبيعي بعد 30 ق من فترة الاستشفاء وكذلك عدم وجود فروق دالة إحصائيا بين الحمل البدني الهوائي و الحمل البدني اللاهوائي في زيادة تركيز أيون البوتاسيوم وتتفق هذه النتائج جزئيا مع ما توصل إليه كل من Medbo & Sejersted (1994) حيث أنخفض أيون البوتاسيوم بعد الجري على السير المتحرك لمدة 1ق إلى اقل من تركيزه قبل الأداء وبعد 3 ق و 6 ق خلال فترة الراحة .(21)

ويعضد كل من Medbo & Sejersted (1990) في دراسة أخرى النتائج الواردة بجدول (4) حيث أنخفضت الزيادة في تركيز أيونات البوتاسيوم بالبلازما بعد أداء التدريبات ذات الشدة القصوى بعد 25 ثانية من فترة الراحة ثم هبط محتوى البوتاسيوم لأقل من مستواه قبل الأداء بـ 0.5 مليمول /لتر مما يدل على أن التدريبات ذات الشدة القصوى أدت إلى استثارة عملية ضخ الصوديوم –بوتاسيوم.(22)

كما توصل Mckenna et, al. (1993) إلى حدوث أرتفاع في تركيز البوتاسيوم (من 2:1 مللي مول /لتر) ثم انخفض مباشرة إلى مستوى اقل من مستواه في نهاية فترة الراحة كما وجد ان تدريبات السرعة تؤدي إلى تحسن تنظيم ايون البوتاسيوم في البلازما والعضلات.(20)

و يرجع الباحثون السبب في انخفاض تركيز أيونات البوتاسيوم خلال فترة الراحة إلى تحرر هرمون الكاتاكولامين والذي يؤدي إلى استثارة ضخ الصوديوم- بوتاسيوم.

وأن الاحمال التدريبية المستخدمة قيد البحث لم تؤد إلى حدوث تغيير في تركيز كل من أيونات الصوديوم والبوتاسيوم بدرجة تسمح بحدوث ما يعرف بفقد الاستقطاب وبالتالي حدوث التعب العضلي.

يشير جدول (5) إلى حدوث زيادة غير دالة إحصائيا في تركيز أيونات الكالسيوم بعد الأداء مباشرة وبعد 3 ق ، 5 ق و 10 ق من الحمل البدني الهوائي والحمل اللاهوائي في حين انخفض تركيز الكالسيوم بعد 30 ق إلى مستوى اقل من مستواه قبل الاداء.
كما توجد فروق دالة أحصائيا ($P \leq 0.05$) في زيادة تركيز أيونات الكالسيوم بين الحمل البدني اللاهوائي والحمل البدني الهوائي لصالح الحمل البدني اللاهوائي.
وتتفق هذه النتائج مع Long et. al. (1990) حيث توصل إلى وجود زيادة دالة في تركيز أيونات الكالسيوم بعد أداء سباقات الجري والسباحة بالمقارنة بمستواها في الراحة.(18)
ويعضد ذلك Overgaard, et. al.(2002) حيث يعزي الزيادة في تركيز أيونات الكالسيوم بعد الجري لمسافة 100 كم إلى التغير في نفاذية غشاء الخلية ويفسر حدوث التعب في ضوء الدور الذي يلعبه الكالسيوم في بداية عمليات الهدم التي تحدث بالعضلة خاصة في تدريبات التحمل.(27)
وتؤكد النتائج الواردة في الجداول (3)، (4)، (5) عدم صحة الفرض الثاني بأستثناء وجود فروق دالة احصائيا في تركيز أيونات الكالسيوم والبوتاسيوم بعد اداء الحمل البدني اللاهوائي بالمقارنة بالحمل البدني الهوائي ويرى الباحثون أن التغير في تركيز أيونات الكالسيوم والبوتاسيوم قد تسهم في حدوث التعب العضلي خلال التدريبات مختلفة الشدة (اللاهوائية والهوائية) في حين لم يؤثر أختلاف نوعية الحمل (الهوائي واللاهوائي) على تركيز أيونات الصوديوم لدى متسابقي المسافات المتوسطة قيد البحث.

ويوضح جدول (6) عدم وجود ارتباط دال بين قمة تركيز حمض اللاكتيك و معدلات السرعة للحمل البدني اللاهوائي (7.41- 7.99 م/ثانية) والحمل البدني الهوائي (4.56- 5.36 م/ثانية).
ويتفق ذلك مع نتائج كل من Ohkuwa et. al.(1984) حيث لم يتوصل إلى وجود إرتباط دال بين قمة تركيز حمض اللاكتيك ومعدل السرعة في سباق 400 م عدو(26) كما يتفق ذلك ايضا مع ما توصل إليه Fujituska et.al.,(1982) من عدم وجود إرتباط بين قمة تركيز لاكتات الدم وزمن التحمل للتمرينات المجهدة التي تستمر من 1-2 ق.(11)
كما توضح النتائج الواردة في جدول(6) عدم وجود إرتباط دال بين قمة تركيز أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم ومعدلات السرعة للحمل البدني اللاهوائي والحمل البدني الهوائي ويعزي الباحثون ذلك إلى أن معدلات السرعة لم تكن عالية بدرجة كافية لاحداث تغيرات دالة في تركيز أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم.

المراجع :-

1 – أبو العلا احمد عبد الفتاح (1985): " تأثير جري 1500 م على ايونات الصوديوم والبوتاسيوم و البولينا في مصل الدم " المؤتمر الدولي للرياضة للجميع في الدول النامية – كلية التربية الرياضية للبنين بالقاهرة .

2 - أبو العلا احمد عبد الفتاح (1998): بيولوجيا الرياضة وصحة الرياضي، دار الفكر العربي – القاهرة.

3 – حمدي عبد الرحيم محمد (1983) :" أثر التعب العضلي الناتج عن الحمل البدني مختلف الشدة على كفاءة الجهازين الدوري والتنفسي" رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية التربية الرياضية للبنين بالقاهرة – جامعة حلوان.

4- Bangsbo, J., Madsen, K., Kiens, B., & Richter, E. A.(1996). Effect of muscle acidity on muscle metabolism and fatigue during intense exercise in man. *J. Physiol.* Vol. 495(2): 587-596.

5- Beaulieu, P., Ottoz, H., Garnge, C., Thomas, J., & Bensch, C. (1995). Blood lactate levels of decathletes during competition. *Br. J. Sport. Med.* Vol.29,(2), PP.80-84.

6 - Boulay, M. R., Song, T.M.K, Serresse, O., Theriault, G.,Simoneau J-A., & Bouchard, C. (1995). Changes in plasma electrolyte and muscle substrates during short-term maximal exercise in humans. *Can. J. Appl. Physiol.* 20(1):89-101.

7- Chase, P.B.,&M.J. Kushmerick.(1988). Effects of pH on contraction of rabbit fast and slow skeletal muscle fibers. *Bio-Phys. J.* 53:935-946.

8 – Connett, R. J., Gaueski, T. E. J., Honig, G.R. (1984). Lactate accumulation in fully aerobic, working dog gracilis muscle. *Am. J. Physiol.* 246: 120-128

9- David, E. M., & Peter, N. C. (1997). Better training for distance runners. 2 th ed., *Human Kinetics,* Champaign, PP.391-394.

10- Fitts, R. H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol.Rev.* 74:49-94.

11- Fujitsuka, N., Yamamoto, T., & Ohkuwat, T., Saito, M., & Miyamura, M. (1982). Peak blood lactate after short periods of maximal treadmail running. *Eur. J. Appl. Physiol.* 48: 289-296.

12- G. Sjogaard & A . J. McComas(1995) Role of interstitial potassium. Fatigue: neural and muscular mechanisms, edited by Simon C. Gandevia et. al. *Plenum Press*: *New York*; Vol. 384. PP . 69-80

13- Goodman , C., Rogers, G. C., Vermaak, H., & Goodman, M. R.(1985). Biochemical responses during recovery from maximal and submaximal swimming exercise. *Eur.J. Appl. Physiol.* 54:436-441.

14- Hirvonen, J., Nummela, A., Rusko, H., Rehunen, S., & Harkonen, M. (1992). Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400-m sprint. Can. J. Sport. Sci.,17(2):141-144.

15- Housh, T. J., Johnson, G. O., McDowell, S. L., Housh, D. J.,& Pepper, M. L.(1992). The relationship between anaerobic running capacity and peak plasma lactate. J. Sport. Med. Phys. Fitness., 32(2):117-122

16- Jia, L. L., Xiao, N. W., Steve, F. F., Michael, F. C., Tim, V. W.,& Michael, J. M.(2002). Effects of fatigue and training on sarcoplasmic reticulum Ca 2+ regulation in human skeletal muscle. ***J. Appl. Physiol.*** Vol. 92(3) 912-922.

17- Lindinger, M.I & Sjogaard, G. (1991). Potassium regulation during exercise and recovery. *Sport. Med.*, 11(6):382-401.

18- Long, D., Blake, M., Naughton, L. M., & Angle, B. (1990). Hematological and biochemical changes during a short triathlon competition in novice triathletes. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 61:93-99.

19-McArdle, W. D., Katach, F. I., & Katch, V. L. (1996). Exercise physiology : energy , nutrition and human performance. 4 th ed. Philadelphia: *Williams & Wilkins,* PP. 50,51, 350-353.

20- McKenna, M. J., Schmidt, T. A., Hargreaves, M., Cameron, L., Skinner, S.L., & Kjeldsen, K.(1993). Sprint training increases human skeletal muscle Na^+-K^+- ATP ase concentration and improves K^+ regulation.*J. Appl. Physiol*; 75(1) 173-180.

21- Medbo, J. I. & Sejersted, O. M. (1994). "Plasma K^+ changes during intense exercise in endurance-trained and sprint –trained subjects." *Acta Physiol. Scand.* Jul; 151(3):363-371.

22- Medbo, J. I., & Sejersted, O. M.(1990). Plasma Potassium changes with high intensity exercise. *J. Physiol.(Lond.)* 421:105 -122.

23- Nummela, A.& Rusko, H. (1995). Time course of anaerobic and aerobic energy expenditure during short-term exhaustive running in athletes. *Int. J. Sport. Med.* (Stuttgart); 16(8),PP. 522-527.

24- Nummela, A., Vuorimaa, T., & Rusko, H. (1992). "Changes in force production, blood lactate and EMG activity in the 400-m sprint.'' *J. Sport. Sci.* 10,217-228.

25 – Ohkuwa, T., Kato, Y., Katsumata, K., Nakao, T., & Miyamura.(1984). Blood lactate and glycerol after 400-m and 3,000 –m runs in sprint and long distance runners. *Eur. J. Appl. Physiol.* 53:213-218.

26- Ohkuwa, T., Saito, M., & Miyamura, M.(1984). Plasma LDH and CK activities after 400 m sprinting by well-trained sprint runners. *Eur.J. Appl. Physiol.,* 52:296-299.

27- Overgaard, K., Lindstrom, T., Hansen, T.,& Clausen, T.(2002). Membrane leakage and increased content of Na+ -K pumps and Ca 2+ in human muscle after a 100-km run. *J.Appl. Physiol.*,92(5):1891-1898.

28- Sahlin, K., R.C.Harris, B. Nylind, and E.Hultman.(1976) Lactate content and pH in muscle samples obtained after dynamic exercise. *Pflugers Arch.*,367:143-149.

29- Sejersted, O. M. (1992) Electrolyte imbalance in body fluids as a mechanism of fatigue during exercise. In : *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, Vol.5: Energy metabolism in exercise and sport*. Edited by D.R. Lamb and C.V. Gisolfi. Dubuque, I.A: Brown& Benchmark. PP.149-206.

30- Sejrsted, O.M.,& Sjogaard, G.(2000). Dynamics and consequences of potassium shifts in skeletal muscle and heart during exercise. *Phy. Rev.*, vol,80(4) PP. 1411-1481.

31- Sherwood, L. (1995). Fundamentals of physiology , A Human Perspective. *2nd ed. West Pub. Co.*, New York, PP: G10-11.

32-Stanley, W.C., Gertz, E. W., Wisneski, J. A., Neese, R.A., Morris, D.L., & Brooks, G.A. (1986). Lactate extraction during net release by the exercising legs of man . *J. Appl. Physiol.* 60:1116-1120.