ديناميكية تطور متغيرات الخطوة وعلاقتها بتغيرات تركيز حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK خلال سباق ٤٠٠م عدو

د/أحمد نصر المراغي د/ محمد محمد عبد الهادي

مقدمة ومشكلة البحث :-

إن سباق ٤٠٠م عدو يلقب بالسباق القاتل أو كما هو متعارف عليه " قاتل الرجال " وذلك نظرا لأنه لا يتجاوز الحد الذي يستطيع من خلاله العداء المتدرب جيداً المحافظة على سرعته القصوى ، كما أنه يشكل ضغط كبير على أجهزة الجسم مع إجهاد بشكل غير ثابت وعلى الأخص في المرحلة الختامية من السباق . (١٢)

وتعتمد كفاءة العدو على تناغم المتغيرات البيوميكانيكية بين مراحله الأربعه والتي تشمل مرحلة البدء ومرحلة تزايد السرعة ومرحلة الحفاظ على السرعة القصوى وأيضا مرحلة تناقص السرعة.

حيث يتحدد الزمن اللازم للعدو وفقاً للعديد من المتغيرات البيوميكانيكية والتي تتمثل في سرعة العدو وبعض الخصائص الكينماتيكية للخطوة (زاوية الدفع ، زمن مرحلة الإرتكاز ، زمن مرحلة الفرملة ، كذلك أقل مقدار إندفاع ممكن لمرحلة الفرملة ، أقصى مقدار إندفاع ممكن لمرحلة الدفع ، الإحتفاظ بأقصى سرعة أفقية لمركز ثقل الجسم في مرحلة الإرتكاز الأمامي) و كذلك التحكم في طول وتردد الخطوة. (١٧)

وفي سباق الـ ٤٠٠ متر إبتداء من ٢٠٠-٣٠٠ م وما بعدهم يحدث تناقص في القوة حيث أن تركيز حمض اللاكتيك في الشعيرات الدموية يصبح أكثر من ٦ مللي مول / لتر والوسط الحمضي يقل . (٢١)

ففي جميع مسابقات العدو السريعة التي تستمر لمدة (١-٢) دقيقة والتي تعتمد على النظام اللاكتيكي يزداد الحامض في داخل العضلة عن مستواه في حالة الراحة والذي يبلغ (١) ملي مول /كجم عضلة إلى أكثر من (٢٥) ملي مول /كجم عضلة . (٧)

ويعتمد النجاح في سباق ٤٠٠ م عدو إلي حد كبير على قدرة المتسابق على إنتاج الطاقة عن طريق الجلكزة اللاهوائية مع إرتفاع نسبة حامض اللاكتيك ، ولذا فإن التدريب على هذا السباق يجب أن يركز بشده على زيادة الطاقة وقدرة تعويض نقص الأكسجين لاهوائياً والقدرة على إستهلاك حمض اللاكتيك لاهوائياً وأن المتسابقين الأفضل زمناً ينتجوا طاقة أكبر عن طريق النظام اللاهوائي اللاكتيكي. (٢٥)

فالعدائين الأكثر تدريباً لديهم قدرة أعلى في الحفاظ على السرعة القصوى بدرجة أكبر من العدائين الأقل تدريباً، ويستنتج من ذلك أن العدائين الأكثر تدريباً لديهم مستويات أعلى من فوسفات الكرياتين في العضلات العاملة والذي يعمل على زيادة الوقت قبل الحصول على الطاقة عن طريق تحلل الجلوكوز لاهوائياً. (٢٥)

وتعد الإنزيمات عبارة عن جزيئات بروتينية تعمل كحافزات بيولوجية لزيادة معدل التفاعلات البيوكيميائية بالخلايا الحية من خلال التحكم في المسارات الأيضية دون أن تتغير أو تستهلك. (٢٢)

ويعرف إنزيم كرياتين فسفو كينيزCPK بأنه إنزيم ثنائي يحفز الفسفرة العكسية لأدينوزين ثنائي الفوسفات عن طريق تحلل فوسفات الكرياتين لإنتاج الطاقة وفوسفات غير عضوي من أجل تكوين ثلاثي أدينوزين الفوسفات داخل نظام الطاقة الفوسفاتي . (١٤) ، (٨)

وإنزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH هو إنزيم يحفز من تحويل البيروفات الي لاكتات (ويسمى أيضا نازع حامض اللاكتيك ، أو LDH) ويوجد في العديد من الخلايا وخاصة العضلية يلعب دورا هاما في عملية التنفس الخلوي. (٢٦) ، (١٤) حيث يبلغ تركيز نازع هيدروجين اللاكتات في الدم ١٠٥ - ٣٣٣ وحدة دولية/لتر ويدل إرتفاع التركيز على ضرر بأنسجة معينة. (٢٧)

ونظرا لإرتباط زمن سباق ال٤٠٠متر بكفاءة العدو خلال مراحل السباق وكذلك تأثير المتغيرات الميكانيكية لخطوة العداء فى هذه الكفاءة كما أنها تعتبر من أهم العوامل المؤثرة على السرعة، وأيضا إرتباط المتغيرات الإنزيمية قيد البحث بصورة مباشرة بإنتاج الطاقة والتفاعلات البيوكيميائية الداخلية للخلايا خلال العدو وإختلاف تركيز حامض اللاكتيك منذ البداية وكلما زاد زمن الإستمرار فى العدو.

الأمر الذى دفع الباحثان الى دراسة تأثير التغير فى تركيز إنزيمى كرياتين فسفوكينيز ولاكتيك ديهيدروجينيز وحامض اللاكتيك وما يصاحب ذلك من تغيير على تكنيك الخطوة نتيجة لهذه التغيرات الداخلية ومحاولة تحديد ديناميكية هذا التطور خلال مقاطع السباق أى كل ١٠٠ متر لسباق ٤٠٠ متر وكذلك إعطاء صورة واضحة للمدربين واللاعبين على حد سواء عن طبيعة الجهد الذى يبذله اللاعب أثناء السباق وما يصاحبه من تغيرات فى الجوانب الوظيفية للإستفادة منها فى وضع البرامج التدريبية وتطوير مستويات اللاعبين وقابليتهم البدنية والوظيفية.

أهداف البحث :-

يهدف البحث الى دراسة ديناميكية تطور وتحديد المتغيرات البيوميكانيكية للخطوة وتغيرات تركيز حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK خلال سباق ٤٠٠م عدو من خلال ما يلى :-

١. التعرف على العلاقة بين متغيرات الخطوة وتغيرات تركيز حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK خلال سباق ٤٠٠م عدو.
٢. التعرف على الفروق فى متغيرات الخطوة وتركيز حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK خلال مقاطع سباق ٤٠٠م عدو.

فروض البحث :-

١. هناك علاقة ارتباط معنوية بين متغيرات الخطوة وتغيرات تركيز حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK خلال سباق ٤٠٠م عدو.
٢. هناك فروق ذات دلالة معنوية فى متغيرات الخطوة وتركيز حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK خلال مقاطع سباق ٤٠٠م عدو.

إجراءات البحث :-

منهج البحث :- إستخدم الباحثان المنهج الوصفى لملائمته لطبيعة البحث .

مجالات البحث:

المجال المكانى: ميدان ومضمار ألعاب القوى بكلية التربية الرياضية للبنين جامعة الإسكندرية.

المجال الزمنى: تم إجراء الدراسة خلال الفترة من ٣/ ٨ الى ١٠/ ٨/ ٢٠١٨م

المجال البشرى: متسابقي ٤٠٠ متر عدو بمنطقتي الإسكندرية والجيزة لألعاب القوى .

عينة البحث: تم إختيار عينة البحث بالطريقة العمدية من متسابقي ٤٠٠ متر عدو من منطقة الإسكندرية لألعاب القوى وعددهم (٩ لاعبين) من أندية (الزمالك ، سموحة ، الجياد ، طلبة المدارس ، الإتحاد السكندري) والتوصيف الإحصائى لعينة البحث يوضحها جدول (١).

جدول (١) التوصيف الإحصائي لعينة البحث فى القياسات الاساسية البيوكيميائية وزمن سباق ٤٠٠ متر (ن = ٩)

م	القياسات	أقل قيمة	أعلي قيمة	المتوسط الحسابى	الانحراف المعيارى	معامل الالتواء	معامل التفرطح
القياسات الأساسية	السن (سنة)	١٨	٢٤	١٩,٦٧	٢,٠٠٠	١,٤٣٣	١,٨٣٥
	الطول (سم)	١٧١	١٨٦	١٨٠,١١	٤,٥٤٠	٠,٧٣٢-	٠,٩٧١
	الوزن (كجم)	٦٦	٨٢	٧٢,٠٧	٥,٤٤٨	٠,٧٨٩	٠,٥٥٦-
القياسات الفسيولوجية والبيوكيميائية	النبض فى الراحة (نبضة/ق)	٦٠	٨٠	٧١,٦٧	٦,٦١٤	٠,٣٧٠-	٠,٣١٥-
	ضغط الراحة الانقباضي (ملل زئبق)	١١٠	١٣٠	١١٦,٦٧	٨,٦٦٠	٠,٨٢٥	١,٠٧٩-
	ضغط الراحة الانبساطي (ملل زئبق)	٧٠	٨٠	٧٢,٢٢	٤,٤١٠	١,٦٢٠	٠,٧٣٥
	انزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK فى الراحة (u/l)	٢٣٠	٥٣٤	٣٥٨,٢٢	١١٢,٦٩١	٠,٣٤٤	١,٤٢٠-
	انـزيم لاكتيـك ديهيـدروجينيز LDH فـى الراحـة (u/l)	٢٣٤	٤٩٤	٣٣٨,٦٧	٧٥,٨١٤	٠,٨٤٦	١,٣٩٨
	تركيز حامض اللاكتيك في الراحة (mg/l)	١٠	٣١	١٥,٧٨	٧,٠١٤	١,٤٨٠	١,٨٨٩
زمن سباق ٤٠٠ متر (ث)		٥١,١٨	٥٥,٧١	٥٤,١٩	١,٥٩٣	٠,٨١٨-	٠,٣١٢-

يتضح من جدول (١) التوصيف الاحصائى لعينة البحث فى المتغيرات الأساسية والبيوكيميائية وزمن سباق ٤٠٠ متر حيث جاءت معاملات الإلتواء تقترب من الصفر ومعاملات التفرطح تنحصر ما بين (±٣) مما يدل على اعتدالية القيم وعدم التشتت وتجانس أفراد العينة من متسابقي ٤٠٠ متر عدو.

أجهزة وأدوات البحث:

- رستاميتر لقياس الطول - ميزان طبى لقياس الوزن - شريط قياس - أقماع بلاستيكية
- ساعة ايقاف - بطاقات تسجيل - بلاستر طبي
- عدد ٥ كاميرات ديجيتال عالية التردد (٥٠ كادر/ث) من مركتي باناسونيك وسوني،
- جهاز فصل الدم Centrifuge Hitch
- جهازي تحليل حامض اللاكتيك والانزيمات

Dimension & Biosystem Fully Automated Chemical Analyzer

- عدد ٥ حامل كاميرا
- - أقلام ماركر
- - جهاز كمبيوتر محمول ماركة HP للتحليل البيوميكانيكي
- برنامج التحليل الحركى (DartFish Software Team Pro 6).

قياسات البحث :-

١- **القياسات الأنثروبومترية:**

- السن - الطول - الوزن

٢- **المتغيرات البيوميكانيكية :**

- طول الخطوة - زمن الفرملة - زمن الدفع - زمن الإرتكاز
- زمن الطيران - زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع - زاوية الركبة الأمامية لحظة الدفع
- زمن الخطوة - سرعة الخطوة - متوسط تردد الخطوة لكل ١٠٠م

٢- المتغيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية :

- النبض فى الراحة (نبضة/ق) ضغط الراحة الانقباضي والانبساطى (ملل زئبق)
- انزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK فى الراحة (u/l)
- انزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH فى الراحة (u/l)
- تركيز حامض اللاكتيك في الراحة (mg/l)

الدراسة الأساسية :-

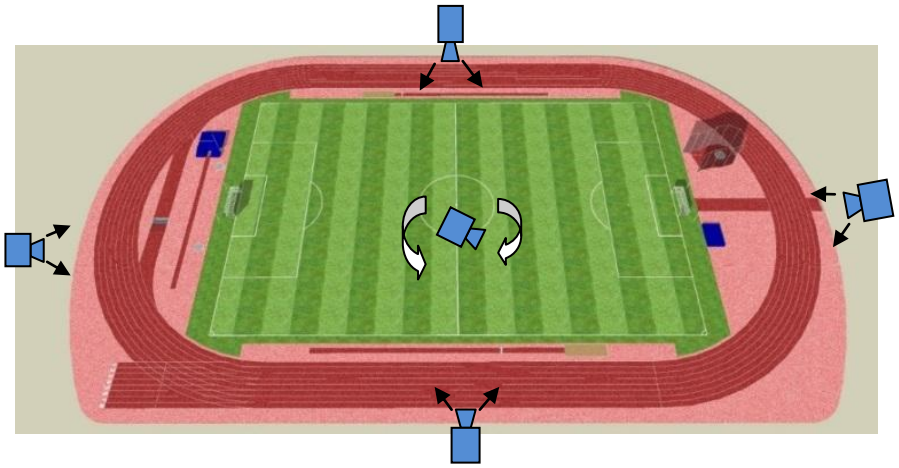
تم تطبيق الدراسة الأساسية لعينة البحث خلال الفترة ٣/ ٨ الى ١٠/ ٨/٢٠١٨م وفقاً للخطوات التالية :-

أ- **تجهيز المتسابقين :** يتم تسجيل البيانات الأساسية الخاصة بكل لاعب (السن، الطول، الوزن) ثم قياس معدل النبض والضغط الدم فى الراحة ثم سحب عينة دم من كل لاعب بواسطة مختص للحصول على تركيز حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK أثناء الراحة ثم يقوم اللاعب بالإحماء لمدة ١٥ دقيقة ثم تجهيز اللاعب للتصوير من خلال وضع علامات عاكسة على المفاصل .

ب- **اجراء قياسات تركيز حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK خلال مراحل السباق:** تم اجراء هذا القياس على مدار اربعة أيام كالتالى :-

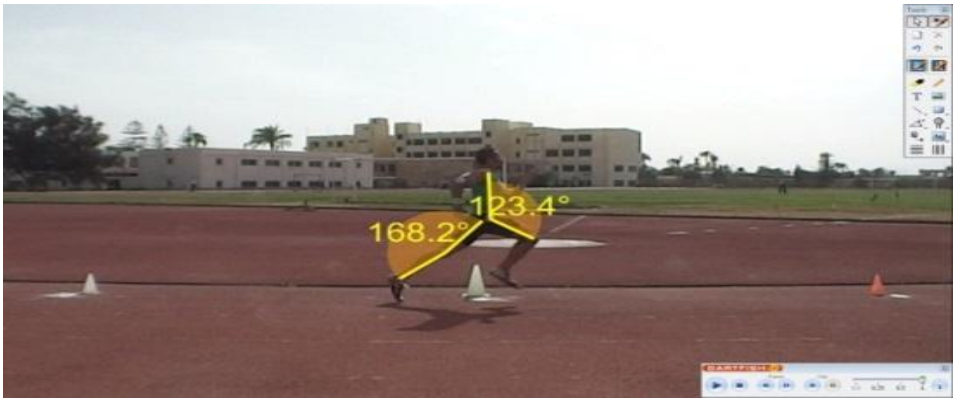
- اليوم الاول يتم قياس زمن سباق ٤٠٠ متر وسحب عينة الدم بعد السباق مباشرة بمدة من ٥ الى ٧ دقائق.
- اليوم الثانى يتم جرى مقطع ٣٠٠ متر بنفس زمن اللاعب للمقطع داخل سباق ٤٠٠ م ثم سحب عينة الدم.
- اليوم الثالث يتم جرى مقطع ٢٠٠ متر بنفس زمن اللاعب للمقطع داخل سباق ٤٠٠ م ثم سحب عينة الدم.
- اليوم الرابع يتم جرى مقطع ١٠٠ متر بنفس زمن اللاعب للمقطع داخل سباق ٤٠٠ م ثم سحب عينة الدم.

ج- **اجراءات التصوير:** تم إستخدام عدد ٤ كاميرات تصوير رقمية (٥٠ كادر/الثانية) تم وضعهم على يمين العداء (خارج المضمار) بحيث تكون الكاميرا الأولى على بعد (٥٠ متر) من خط البداية ، والكاميرا الثانية على بعد (١٥٠متر) ، والكاميرا الثالثة على بعد (٢٥٠متر)، والكاميرا الرابعة على بعد (٣٥٠متر) ، وكان مجال التصوير (٨ متر) وتم تحليل الخطوة الأولى فى مجال الحركة والخطوة الثانية (وإرتفاع الكاميرا (١,٢٠ متر) ، أما بعد الكاميرا العمودي عن مجال التصوير فكان بين (٧,٧٥ - ١٠ متر) وذلك حسب إختلاف نوع الكاميرا، كما يتضح من شكل (١)، كما نم تستخدام كاميرا تصوير رقمية (٥٠ كادر/الثانية) متحركة تم وضعها بمنتصف الميدان .



شكل (١) يوضح توزيع كاميرات التصوير لمقاطع سباق ٤٠٠ متر عدو

ج- إجراءات التحليل الحركى: بعد إنتهاء تصوير مقاطع سباق ٤٠٠ متر عدو تم تفريغ فيديوهات التصوير من الكاميرات وتنزيلها على الكمبيوتر واخضاعها للتحليل الحركى باستخدام برنامج DartFish Software Team Pro 6لإستخراج المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة العدو فى كل مقطع شكل (٢) وتجميع البيانات تمهيداً لمعالجتها إحصائياً .



شكل (٢) يوضح زوايا الرجلين ومجال الحركة لإحدى الكاميرات

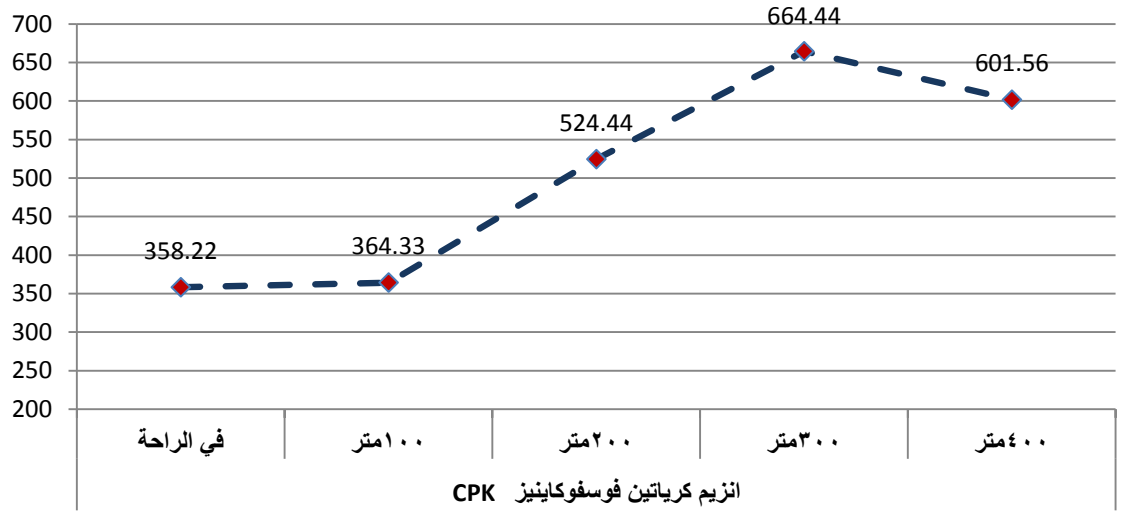
١- **المعالجات الإحصائية:**تمت معالجة البيانات إحصائياً عن طريق الحاسب الآلى بإستخدام البرنامج الإحصائى SPSS PASW Statistics 20 للحصول على المعالجات الإحصائية التالية (المتوسط الحسابى ، الإنحراف المعيارى ، معامل الإلتواء ، معاملات الإرتباط "ر" لبيرسون ، تحليل التباين احادى الاتجاه ، إختبار أقل فرق معنوى لبنفرونى)

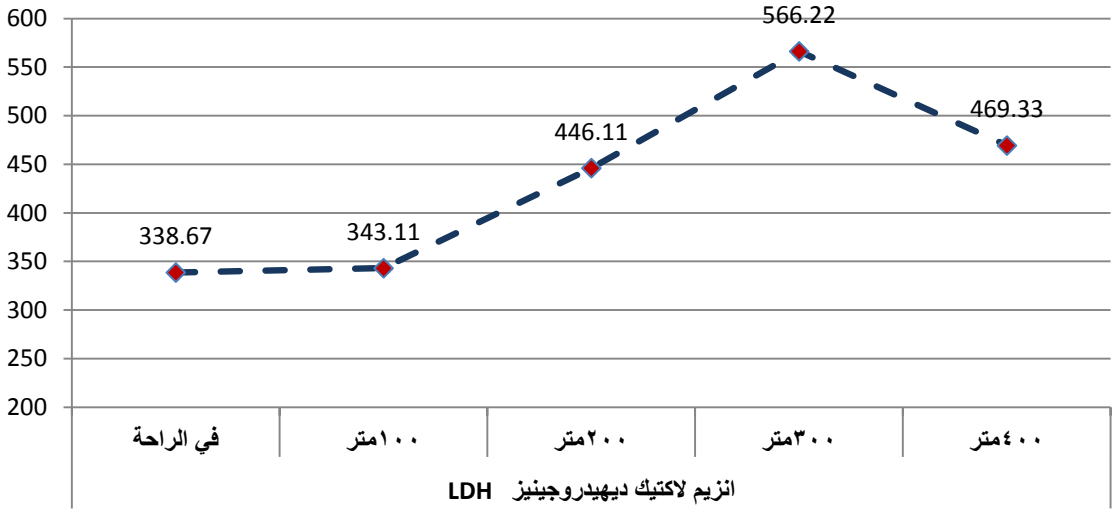
عرض النتائج :-

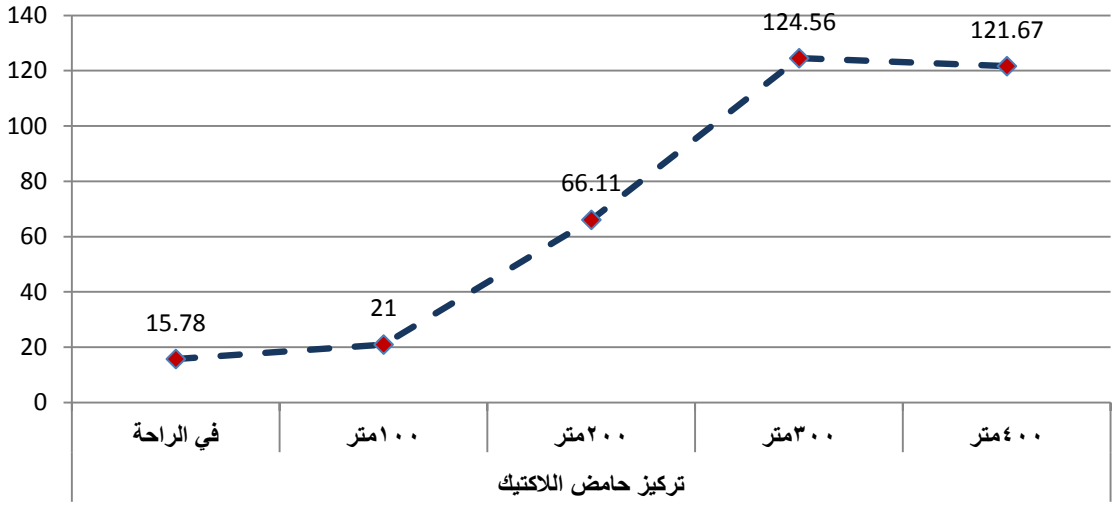
جدول (٢) التوصيف الإحصائي فى القياسات البيوكيميائية خلال مقاطع سباق ٤٠٠ متر (ن = ٩)

القياسات		أقل قيمة	أعلى قيمة	المتوسط الحسابى	الانحراف المعيارى	معامل الالتواء	معامل التفرطح
انزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK (u/l)	في الراحة	٢٣٠	٥٣٤	٣٥٨,٢٢	١١٢,٦٩١	٠,٣٤٤	١,٤٢٠-
	١٠٠متر	٢٤١	٥٣٥	٣٦٤,٣٣	١٠٣,٨٠٠	٠,١٨٥	١,٠٨٤-
	٢٠٠متر	٢٩٨	٨٢٠	٥٢٤,٤٤	١٨١,٥١٧	٠,٥٣٧	٠,٤٨٨-
	٣٠٠متر	٣٥١	٩٢٣	٦٦٤,٤٤	٢٢١,٨٨٧	٠,١٤٥-	١,٧٧٠-
	٤٠٠متر	٢٩٦	٩٣٠	٦٠١,٥٦	٢٥٧,٥٩٢	٠,٠٥٨	١,٩٧٩-
انزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH (u/l)	في الراحة	٢٣٤	٤٩٤	٣٣٨,٦٧	٧٥,٨١٤	٠,٨٤٦	١,٣٩٨
	١٠٠متر	٢٣٨	٤٣١	٣٤٣,١١	٦٧,٢٩٩	٠,٠٤٦	١,١٩٥-
	٢٠٠متر	٢٩٣	٦٨١	٤٤٦,١١	١٢٥,٣٣٣	٠,٨٦٦	٠,٠٤٤
	٣٠٠متر	٤٠٩	٨٥٥	٥٦٦,٢٢	١٤٧,٨٠٠	٠,٩٥١	٠,٣٧٠
	٤٠٠متر	٣٥٧	٧٨٢	٤٦٩,٣٣	١٣٦,٩٢٤	١,٦٥١	٣,١٠٩
تركيز حامض اللاكتيك (mg/l)	في الراحة	١٠	٣١	١٥,٧٨	٧,٠١٤	١,٤٨٠	١,٨٨٩
	١٠٠متر	١٥	٢٧	٢١,٠٠	٤,٥٥٥	٠,٠١٠	١,٩٢٢-
	٢٠٠متر	٦١	٧٥	٦٦,١١	٥,٣٩٥	٠,٨٦١	٠,٧٩٤-
	٣٠٠متر	١١٦	١٣٤	١٢٤,٥٦	٦,١٨٧	٠,٠٥٩-	١,٠٣٨-
	٤٠٠متر	١٠٩	١٣٥	١٢١,٦٧	٨,٨٧٤	٠,٠٤١	٠,٥٧١-

يتضح من جدول (٢) التوصيف الاحصائى لعينة البحث فى البيوكيميائية خلال مقاطع سباق ٤٠٠ متر حيث جاءت الزيادة التدريجية فى تركيز انزيم انزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK وانزيم انزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH وتركيز حامض اللاكتيك خلال مقاطع السباق ، وجاءت معاملات الإلتواء تقترب من الصفر ومعاملات التفرطح تنحصر ما بين (±٣) مما يدل على تجانس عينة البحث من متسابقي ٤٠٠ متر عدو.





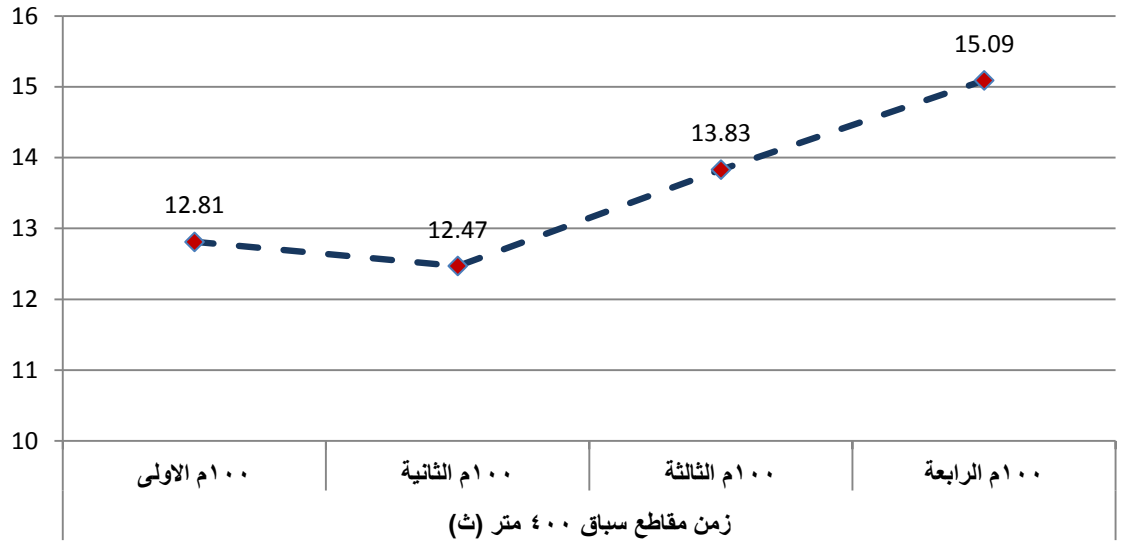


شكل (٣) المتوسط الحسابى فى القياسات البيوكيميائية خلال مقاطع سباق ٤٠٠ متر

جدول (٣) التوصيف الإحصائي فى بعض القياسات البيوميكانيكية وزمن مقاطع سباق ٤٠٠ متر (ن = ٩)

القياسات		أقل قيمة	أعلى قيمة	المتوسط الحسابى	الانحراف المعيارى	معامل الالتواء	معامل التفرطح
عدد الخطوات (عدد)		١٧٢,٥	٢٠٤	١٨٨,٠٠	١١,١٧٢	٠,٢١٧	١,٢٨٥-
متوسط طول الخطوة (م)		١,٩٦	٢,٣٢	٢,١٣	٠,١٢٦	٠,٠٧١-	١,٢٥٢-
متوسط تردد الخطوة (خ/ث)		٣,٢٦	٣,٧٢	٣,٤٧	٠,١٥٤	٠,٣٠٧	١,١٦٩-
متوسط السرعة (م/ث)		٧,١٨	٧,٨٢	٧,٣٩	٠,٢٢١	٠,٩٠٠	٠,٠٤٢-
زمن سباق ٤٠٠ متر (ث)		٥١,١٨	٥٥,٧١	٥٤,١٩	١,٥٩٣	٠,٨١٨-	٠,٣١٢-
زمن مقاطع سباق ٤٠٠ متر (ث)	١٠٠م الاولى	١٢,٢١	١٣,١٨	١٢,٨١	٠,٣٣١	٠,٥٨٦-	٠,٦٢٩-
	١٠٠م الثانية	١١,٧٨	١٣,٣١	١٢,٤٧	٠,٤٩٨	٠,٦٢٢	٠,١٧٦-
	١٠٠م الثالثة	١٢,٩١	١٤,٩٤	١٣,٨٣	٠,٥٦٠	٠,٥٢٦	١,٦٧٢
	١٠٠م الرابعة	١٣,٧٨	١٦,٧٨	١٥,٠٩	٠,٩٨١	٠,٣٩١	٠,٥٨٤-

يتضح من جدول (٣) التوصيف الاحصائى لعينة البحث فى بعض القياسات البيوميكانيكية وزمن مقاطع سباق ٤٠٠ متر حيث جاء زمن ١٠٠م الثانية بأفضل زمن ثم زمن ١٠٠م الاولى ثم زمن ١٠٠م الثالثة والرابعة ، وجاءت معاملات الإلتواء تقترب من الصفر ومعاملات التفرطح تنحصر ما بين (±٣) مما يدل على تجانس عينة البحث من متسابقي ٤٠٠ متر عدو.



شكل (٤) المتوسط الحسابى فى زمن مقاطع سباق ٤٠٠ متر

جدول (٤) التوصيف الإحصائي فى القياسات البيوميكانيكية لخطوة الجرى خلال ١٠٠ م الأولى فى سباق ٤٠٠ متر (ن = ٩)

المتغيرات		أقل قيمة	أعلى قيمة	المتوسط الحسابى	الانحراف المعيارى	معامل الالتواء	معامل التفرطح
الخطوة الاولى	طول الخطوة	٢,٠٥	٢,٢٣	٢,١٤	٠,٠٥٩	٠,٢٥٩	٠,٧٤٨-
	زمن الارتكاز: زمن الفرملة	٠,٠٤	٠,٠٦	٠,٠٤	٠,٠٠٩	١,٦٢٠	٠,٧٣٥
	زمن الارتكاز: زمن الدفع	٠,٠٦	٠,٠٨	٠,٠٧	٠,٠١٠	٠,٨٥٧-	١,٧١٤-
	زمن الارتكاز: المجموع	٠,١	٠,١٤	٠,١٢	٠,٠١٦	٠,٢١٦	١,٠٤١-
	زمن الطيران	٠,١٤	٠,١٦	٠,١٥	٠,٠١١	٠,٢٧١	٢,٥٧١-
	زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع	١٥٩,٢٥	١٧٠,٦٥	١٦٥,١٣	٤,١٠٠	٠,٠٧٥-	١,٥٩٧-
	زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع	٨	٩٠,٤	٦٨,٢٦	٢٤,٥٥٨	٢,١٦٦-	٥,٤٤٢
	زمن الخطوة	٠,٢٤	٠,٣	٠,٢٧	٠,٠٢٢	٠,١٥٣-	١,٤٨٦-
	سرعة الخطوة	٧,٣٢	٨,٩٦	٨,٠٨	٠,٦٦١	٠,٢٤٧	٢,٠١١-
الخطوة الثانية	طول الخطوة	٢,٠٧	٢,٢٧	٢,١٧	٠,٠٧٠	٠,٠٣٥-	١,٤١١-
	زمن الارتكاز: زمن الفرملة	٠,٠٤	٠,٠٦	٠,٠٥	٠,٠١١	٠,٢٧١-	٢,٥٧١-
	زمن الارتكاز: زمن الدفع	٠,٠٦	٠,٠٨	٠,٠٨	٠,٠٠٩	١,٦٢٠-	٠,٧٣٥
	زمن الارتكاز: المجموع	٠,١	٠,١٤	٠,١٣	٠,٠١٧	٠,٨٢٥-	١,٠٧٩-
	زمن الطيران	٠,١٤	٠,١٦	٠,١٥	٠,٠١٠	٠,٨٥٧-	١,٧١٤-
	زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع	١٥٨,٥	١٦٤,٨٧	١٦١,٩٣	٢,٣١٤	٠,٣٢٣-	١,٥٢٤-
	زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع	٥٧	٨٨,٤٤	٨٠,٧٣	٩,٥٥٠	٢,٢٩٤-	٥,٨٤٦
	زمن الخطوة	٠,٢٤	٠,٣	٠,٢٨	٠,٠٢٦	٠,٨٣٣-	١,٢٤٨-
	سرعة الخطوة	٦,٩	٨,٧٩	٧,٨٢	٠,٧١٣	٠,٤٤١	١,٥٠٢-
عدد الخطوات (عدد)		٤٤	٥١	٤٧,٥٠	٢,٣٩٨	٠,٠١٧	١,٢٩٤-
متوسط السرعة (م/ث)		٧,٥٩	٨,١٩	٧,٨١	٠,٢٠٤	٠,٦٦٢	٠,٤٤٦-
متوسط التردد (خ/ث)		٣,٤١	٤,٠٥	٣,٧١	٠,٢١٣	٠,٤٢٠	٠,٨١٢-
متوسط طول الخطوة (م)		١,٩٦	٢,٢٧	٢,١١	٠,١٠٧	٠,١٠٨	١,٢٦٤-
زمن المقطع (ث)		١٢,٢١	١٣,١٨	١٢,٨١	٠,٣٣١	٠,٥٨٦-	٠,٦٢٩-

جدول (٥) التوصيف الإحصائي فى القياسات البيوميكانيكية لخطوة الجرى خلال ١٠٠ م الثانية فى سباق ٤٠٠ متر (ن = ٩)

المتغيرات		أقل قيمة	أعلى قيمة	المتوسط الحسابى	الانحراف المعيارى	معامل الالتواء	معامل التفرطح
الخطوة الاولى	طول الخطوة	١,٩٨	٢,٢٥	٢,١١	٠,٠٩٤	٠,٠٣٠-	١,٣١٨-
	زمن الارتكاز: زمن الفرملة	٠,٠٤	٠,٠٦	٠,٠٥	٠,٠١٠	٠,٨٥٧	١,٧١٤-
	زمن الارتكاز: زمن الدفع	٠,٠٨	٠,١	٠,٠٩	٠,٠١١	٠,٢٧١-	٢,٥٧١-
	زمن الارتكاز: المجموع	٠,١٢	٠,١٦	٠,١٤	٠,٠١٩	٠,٢٦٣	٢,٠١٨-
	زمن الطيران	٠,١٢	٠,١٦	٠,١٤	٠,٠١٢	٠,٠١٨	١,١٢٦
	زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع	١٥٩,٨٤	١٦٨,٦٥	١٦٤,٢٤	٣,١٢١	٠,٠٢٩-	١,٣١٣-
	زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع	٦١,٢٥	٨٧,٣٢	٧٨,٠٨	٨,٧٩٠	١,٠٥٣-	٠,٢١٢
	زمن الخطوة	٠,٢٤	٠,٣	٠,٢٨	٠,٠٢٢	٠,٦٩٠-	٠,٨٠٠-
	سرعة الخطوة	٦,٦	٨,٧١	٧,٥٩	٠,٧٢٦	٠,١٤٠	٠,٩٨٨-
الخطوة الثانية	طول الخطوة	١,٩٧	٢,٢	٢,٠٩	٠,٠٧٩	٠,٠٨١-	١,٣٠٩-
	زمن الارتكاز: زمن الفرملة	٠,٠٤	٠,٠٦	٠,٠٥	٠,٠١٠	٠,٨٥٧	١,٧١٤-
	زمن الارتكاز: زمن الدفع	٠,٠٦	٠,١	٠,٠٩	٠,٠١٧	٠,٨٢٥-	١,٠٧٩-
	زمن الارتكاز: المجموع	٠,١	٠,١٦	٠,١٣	٠,٠٢٤	٠,٢٣٣-	١,٥٥٦-
	زمن الطيران	٠,١٤	٠,١٦	٠,١٥	٠,٠١٠	٠,٨٥٧	١,٧١٤-
	زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع	١٥٩,٨٧	١٦٨,٢٥	١٦٣,٩٢	٣,٠٤٥	٠,٢٠١	١,٠٦١-
	زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع	٥٨,٣٦	٩٢,٣٦	٧٦,٢٤	١١,٩٨٤	٠,١٠٢-	١,١٦٣-
	زمن الخطوة	٠,٢٤	٠,٣	٠,٢٨	٠,٠٢٢	٠,٦٩٠-	٠,٨٠٠-
	سرعة الخطوة	٦,٥٧	٨,٥٤	٧,٤٩	٠,٦٦١	٠,٠١٥	٠,٨٩٩-
عدد الخطوات (عدد)		٤٠,٥	٤٧,٥	٤٤,٠٠	٢,٢٧٨	٠,٠٤١	٠,٨٢٥-
متوسط السرعة (م/ث)		٧,٥١	٨,٤٩	٨,٠٣	٠,٣١٥	٠,٤٧٥-	٠,٢٣٤-
متوسط التردد (خ/ث)		٣,٢٩	٣,٨٧	٣,٥٣	٠,٢١٢	٠,٧٣٨	٠,٥٢١-
متوسط طول الخطوة (م)		٢,١١	٢,٤٧	٢,٢٨	٠,١١٨	٠,١٣٢	٠,٧٨٣-
زمن المقطع (ث)		١١,٧٨	١٣,٣١	١٢,٤٧	٠,٤٩٨	٠,٦٢٢	٠,١٧٦-

جدول (٦) التوصيف الإحصائي فى القياسات البيوميكانيكية لخطوة الجرى خلال ١٠٠ م الثالثة فى سباق ٤٠٠ متر (ن = ٩)

المتغيرات		أقل قيمة	أعلى قيمة	المتوسط الحسابى	الانحراف المعيارى	معامل الالتواء	معامل التفرطح
الخطوة الاولى	طول الخطوة	١,٨٤	٢,٢٢	٢,٠٥	٠,١٢٤	٠,٥٨٧-	٠,٦٦٣-
	زمن الارتكاز: زمن الفرملة	٠,٠٤	٠,٠٦	٠,٠٥	٠,٠١٠	٠,٨٥٧-	١,٧١٤-
	زمن الارتكاز: زمن الدفع	٠,٠٨	٠,١٢	٠,٠٩	٠,٠١٤	٠,٦٠٦	٠,٢٨٦-
	زمن الارتكاز: المجموع	٠,١٢	٠,١٨	٠,١٥	٠,٠٢٠	٠,١٠٧	٠,٦٤٣-
	زمن الطيران	٠,١٤	٠,١٨	٠,١٦	٠,٠١٣	٠,٢٥٤-	٠,٠٤٠-
	زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع	١٥٩,٢٥	١٦٩,٧	١٦٤,٢٥	٣,٨٧٧	٠,٠٣٤	١,٦٩٨-
	زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع	٥٥,٤٤	٩٩	٧٧,٧٢	١٣,٢٧٧	٠,٠٣٤	٠,١٧٧-
	زمن الخطوة	٠,٢٦	٠,٣٦	٠,٣١	٠,٠٣٢	٠,٠١٠-	٠,٦٦٣-
	سرعة الخطوة	٥,٣١	٨,٥٤	٦,٦٨	٠,٩٨٣	٠,٦٠٥	٠,٣١٨
الخطوة الثانية	طول الخطوة	١,٨٧	٢,١٩	٢,٠٧	٠,١١٠	٠,٨٧٧-	٠,٤٦٠-
	زمن الارتكاز: زمن الفرملة	٠,٠٤	٠,٠٦	٠,٠٥	٠,٠١٠	٠,٨٥٧-	١,٧١٤-
	زمن الارتكاز: زمن الدفع	٠,٠٨	٠,١٢	٠,٠٩	٠,٠١٥	١,٠١٤	٠,١٨٥
	زمن الارتكاز: المجموع	٠,١٢	٠,١٨	٠,١٤	٠,٠١٩	٠,٥٠٢	٠,٠٠٩-
	زمن الطيران	٠,١٤	٠,١٦	٠,١٥	٠,٠١٠	٠,٨٥٧-	١,٧١٤-
	زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع	١٦١,٢	١٦٩,٨	١٦٤,٤٦	٢,٩٥٨	٠,٥٦٣	٠,٥٦٩-
	زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع	٥١,٤٣	٩٠,٥٨	٧٣,٣٦	١٢,١١٣	٠,٦٨٤-	٠,١٧٥
	زمن الخطوة	٠,٢٨	٠,٣٤	٠,٣٠	٠,٠٢٣	٠,٨٧٥	٠,٨٠٨-
	سرعة الخطوة	٥,٨٨	٧,٦٨	٧,٠٠	٠,٦٩٧	٠,٥٧٣-	١,٢٦٣-
عدد الخطوات (عدد)		٤٣	٥١	٤٦,٨٣	٣,٠٠٠	٠,٣١١	١,٣٦١-
متوسط السرعة (م/ث)		٦,٦٩	٧,٧٥	٧,٢٤	٠,٢٩٠	٠,٢٣٤-	١,٤٦١
متوسط التردد (خ/ث)		٣,١٧	٣,٦٨	٣,٣٩	٠,١٨٧	٠,٥٩٢	١,٢٧٤-
متوسط طول الخطوة (م)		١,٩٦	٢,٣٣	٢,١٤	٠,١٣٦	٠,١٧٣-	١,٤١٠-
زمن المقطع (ث)		١٢,٩١	١٤,٩٤	١٣,٨٣	٠,٥٦٠	٠,٥٢٦	١,٦٧٢

جدول (٧) التوصيف الإحصائي فى القياسات البيوميكانيكية لخطوة الجرى خلال ١٠٠ م الرابعة فى سباق ٤٠٠ متر (ن = ٩)

المتغيرات		أقل قيمة	أعلى قيمة	المتوسط الحسابى	الانحراف المعيارى	معامل الالتواء	معامل التفرطح
الخطوة الاولى	طول الخطوة	١,٦٣	٢,١	١,٨٧	٠,١٥٨	٠,١٥٣-	١,٠٧٣-
	زمن الارتكاز: زمن الفرملة	٠,٠٦	٠,٠٨	٠,٠٧	٠,٠١٠	٠,٨٥٧	١,٧١٤-
	زمن الارتكاز: زمن الدفع	٠,٠٨	٠,١٢	٠,١٠	٠,٠١٦	٠,٢١٦-	١,٠٤١-
	زمن الارتكاز: المجموع	٠,١٤	٠,٢	٠,١٧	٠,٠٢٣	٠,١٧٦	١,١٧١-
	زمن الطيران	٠,١٤	٠,١٨	٠,١٥	٠,٠١٤	٠,٦٠٦	٠,٢٨٦-
	زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع	١٥٢,٢	١٦٩	١٦٢,٨٨	٥,٥٦٤	١,٠١٠-	٠,٣٢٦
	زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع	٦٠,٨٧	٩٢,٤	٧٨,٩١	١١,١٢٥	٠,٧٤٤-	٠,٦٣٧-
	زمن الخطوة	٠,٢٨	٠,٣٨	٠,٣٢	٠,٠٣٢	٠,٦٨٧	٠,٣٥٠-
	سرعة الخطوة	٤,٧٩	٧	٥,٨٦	٠,٧٥٩	٠,٠٥٩	١,١٧٧-
الخطوة الثانية	طول الخطوة	١,٦١	٢,١٧	١,٨٨	٠,٢١٤	٠,٠٠٣-	١,٤٤٩-
	زمن الارتكاز: زمن الفرملة	٠,٠٦	٠,٠٨	٠,٠٦	٠,٠٠٩	١,٦٢٠	٠,٧٣٥
	زمن الارتكاز: زمن الدفع	٠,٠٨	٠,١٢	٠,١٠	٠,٠١٦	٠,٢١٦	١,٠٤١-
	زمن الارتكاز: المجموع	٠,١٤	٠,٢	٠,١٦	٠,٠٢٣	٠,٩٤٧	٠,٢٢٩-
	زمن الطيران	٠,١٤	٠,١٨	٠,١٦	٠,٠١٣	٠,٢٥٤	٠,٠٤٠-
	زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع	١٥٣	١٦٩,٢	١٦١,٨٩	٥,٢٣٠	٠,٤٧٦-	٠,٦٠٠-
	زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع	٦٥	٩٩,٠١	٨٢,٣٤	١٢,٢٤٩	٠,١١٦-	١,٣٠٢-
	زمن الخطوة	٠,٢٨	٠,٣٨	٠,٣٢	٠,٠٣٤	٠,٨١٨	٠,٠١٨
	سرعة الخطوة	٤,٧٥	٧,١٧	٥,٩٧	٠,٧٩٣	٠,٠٠٧-	٠,٥٦٤-
عدد الخطوات (عدد)		٤٥	٥٥,٥	٤٩,٦٧	٣,٦٩١	٠,٤٣٦	١,٢٤٨-
متوسط السرعة (م/ث)		٥,٩٦	٧,٢٦	٦,٦٥	٠,٤٢٦	٠,١٧٥-	٠,٨٠٢-
متوسط التردد (خ/ث)		٣,١٥	٣,٤٩	٣,٢٩	٠,١٣٤	٠,٤٩٤	١,٨٢٥-
متوسط طول الخطوة (م)		١,٨٠	٢,٢٢	٢,٠٢	٠,١٤٧	٠,٢٧٥-	١,٣٠٥-
زمن المقطع (ث)		١٣,٧٨	١٦,٧٨	١٥,٠٩	٠,٩٨١	٠,٣٩١	٠,٥٨٤-

جدول (٨) معاملات الإرتباط بين المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة الجرى وتغيرات الإنزيمات واللاكتيك خلال سباق ٤٠٠ متر

المتغيرات			تركيز انزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK	تركيز انزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH	تركيز حامض اللاكتيك
الخطوة الاولى	طول الخطوة		-٠,٤٤٣**	-٠,١٨٩	-٠,٥١١**
	زمن الارتكاز	زمن الفرملة	٠,٤٤٥**	٠,١٧٨	٠,٥٦٩**
		زمن الدفع	٠,٥٦٨**	٠,١٥٨	٠,٦٠٠**
		المجموع	٠,٥٦٧**	٠,١٨٥	٠,٦٤٨**
	زمن الطيران		٠,٣٣٢*	٠,٤١١*	٠,٣٨٩*
	زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع		٠,٠١٣	٠,١٨٢	-٠,١١٥
	زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع		٠,٢٢٩	٠,٣٥٣*	٠,٢٢٢
	زمن الخطوة		٠,٥٦٤**	٠,٣١٠	٠,٦٤٩**
	سرعة الخطوة		-٠,٥٧٩**	-٠,٣٢٩	-٠,٦٩٤**
الخطوة الثانية	طول الخطوة		-٠,٤٥٧**	-٠,١٥٤	-٠,٤٧٦**
	زمن الارتكاز	زمن الفرملة	٠,٣٠١	-٠,٠٠٨	٠,٣٧٩*
		زمن الدفع	٠,٤٣٧**	٠,٢١١	٠,٤٩٩**
		المجموع	٠,٤٢٧**	٠,١٣٤	٠,٥٠٤**
	زمن الطيران		-٠,٠٦٨	٠,١١٧	٠,١١٧
	زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع		٠,١١٧	٠,٣٨١*	٠,١٣٣
	زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع		-٠,٠٦٥	٠,١١٧	-٠,١١٦
	زمن الخطوة		٠,٣٢٣	٠,١٥٢	٠,٤٥٣**
	سرعة الخطوة		-٠,٤٦٨**	-٠,٢١٨	-٠,٥٩٩**
عدد الخطوات (عدد)			٠,٤٤٢**	-٠,٠١٦	٠,٢١٦
متوسط السرعة (م/ث)			-٠,٤٦٦**	-٠,٢٩٤	-٠,٦٧٦**
متوسط التردد (خ/ث)			-٠,١٤١	-٠,٣٩٤*	-٠,٦١٩**
متوسط طول الخطوة (م)			-٠,٤١٩*	٠,٠٥٤	-٠,٢٠٧
زمن المقطع (ث)			٠,٤٨٢**	٠,٢٧٧	٠,٦٦٠**

***معنوية "ر" الجدولية عند مستوى ٠,٠٥ = ٠,٣٢٥ ، **عند مستوى ٠,٠١ = ٠,٤١٨**

يتضح من جدول (٨) والخاص بمعاملات الإرتباط بين متغيرات الخطوة الأولى والثانية والمتغيرات الإنزيمية واللاكتيك خلال سباق ٤٠٠م وجود علاقة معنوية عكسية بين طول الخطوة وسرعتها مع المتغيرات الإنزيمية واللاكتيك بالنسبة للخطوة الأولى والثانية ، ووجود علاقة معنوية طردية بين زمن الفرملة وزمن الدفع و زمن الإرتكاز وزمن الخطوة مع المتغيرات الإنزيمية واللاكتيك بالنسبة للخطوة الأولى ، ووجود علاقة معنوية طردية بين زمن الفرملة وزمن الدفع وزمن الإرتكاز وكذلك زمن الخطوة مع إنزيم كرياتين فسفوكينيز وحامض اللاكتيك بالنسبة للخطوه الثانية ، كما توجد علاقة معنوية طردية بين إنزيمى لاكتيك ديهيدروجينيز و فسفوكينيز وحامض اللاكتيك .

جدول (٩) تحليل التباين فى المتغيرات البيوميكانيكية للخطوة الجرى بين مقاطع سباق ٤٠٠ متر

المتغيرات			مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة "ف" المحسوبة
الخطوة الاولى	طول الخطوة		بين المجموعات	٠,٣٨٨	٣	٠,١٢٩	**٩,٨٤٥
			داخل المجموعات	٠,٤٢١	٣٢	٠,٠١٣	
			المجموع	٠,٨٠٩	٣٥		
	زمن الارتكاز	زمن الفرملة	بين المجموعات	٠,٠٠٣	٣	٠,٠٠١	**٩,٥٣
			داخل المجموعات	٠,٠٠٣	٣٢	٠,٠٠٠	
			المجموع	٠,٠٠٦	٣٥		
		زمن الدفع	بين المجموعات	٠,٠٠٤	٣	٠,٠٠١	**٨,٠٥
			داخل المجموعات	٠,٠٠٥	٣٢	٠,٠٠٠	
			المجموع	٠,٠٠٩	٣٥		
		المجموع	بين المجموعات	٠,٠١٢	٣	٠,٠٠٤	**١٠,٧٨
			داخل المجموعات	٠,٠١٢	٣٢	٠,٠٠٠	
			المجموع	٠,٠٢٤	٣٥		
	زمن الطيران		بين المجموعات	٠,٠٠٢	٣	٠,٠٠١	**٤,٩٦
			داخل المجموعات	٠,٠٠٥	٣٢	٠,٠٠٠	
			المجموع	٠,٠٠٧	٣٥		
	زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع		بين المجموعات	٢٣,٣٢٥	٣	٧,٧٧٥	٠,٤٣
			داخل المجموعات	٥٨٠,٣٣٨	٣٢	١٨,١٣٦	
			المجموع	٦٠٣,٦٦٣	٣٥		
	زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع		بين المجموعات	٦٧٧,٨٠	٣	٢٢٥,٩٣٤	٠,٩٢
			داخل المجموعات	٧٨٤٣,١٧	٣٢	٢٤٥,٠٩٩	
			المجموع	٨٥٢٠,٩٨	٣٥		
	زمن الخطوة		بين المجموعات	٠,٠١٨	٣	٠,٠٠٦	**٧,٩٧
			داخل المجموعات	٠,٠٢٤	٣٢	٠,٠٠١	
			المجموع	٠,٠٤٣	٣٥		
	سرعة الخطوة		بين المجموعات	٢٥,٩١٦	٣	٨,٦٣٩	**١٣,٧٨
			داخل المجموعات	٢٠,٠٥٤	٣٢	٠,٦٢٧	
			المجموع	٤٥,٩٧٠	٣٥		
الخطوة الثانية	طول الخطوة		بين المجموعات	٠,٣٩٦	٣	٠,١٣٢	**٧,٦٣
			داخل المجموعات	٠,٥٥٥	٣٢	٠,٠١٧	
			المجموع	٠,٩٥١	٣٥		
	زمن الارتكاز	زمن الفرملة	بين المجموعات	٠,٠٠٢	٣	٠,٠٠١	**٥,٣٠
			داخل المجموعات	٠,٠٠٣	٣٢	٠,٠٠٠	
			المجموع	٠,٠٠٥	٣٥		
		زمن الدفع	بين المجموعات	٠,٠٠٢	٣	٠,٠٠١	*٣,٧٧
			داخل المجموعات	٠,٠٠٧	٣٢	٠,٠٠٠	
			المجموع	٠,٠٠٩	٣٥		
		المجموع	بين المجموعات	٠,٠٠٧	٣	٠,٠٠٢	**٤,٧٧
			داخل المجموعات	٠,٠١٥	٣٢	٠,٠٠٠	
			المجموع	٠,٠٢١	٣٥		
	زمن الطيران		بين المجموعات	٠,٠٠٠	٣	٠,٠٠٠	١,١٢
			داخل المجموعات	٠,٠٠٤	٣٢	٠,٠٠٠	
			المجموع	٠,٠٠٤	٣٥		
	زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع		بين المجموعات	٤٨,٠٤	٣	١٦,٠١٤	١,٢٦
			داخل المجموعات	٤٠٥,٨٨	٣٢	١٢,٦٨٤	
			المجموع	٤٥٣,٩٢	٣٥		
	زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع		بين المجموعات	٤٥٧,٢٤	٣	١٥٢,٤١٣	١,١٥
			داخل المجموعات	٤٢٥٢,٧٩	٣٢	١٣٢,٩٠٠	
			المجموع	٤٧١٠,٠٣	٣٥		
	زمن الخطوة		بين المجموعات	٠,٠٠٩	٣	٠,٠٠٣	*٤,٠٤
			داخل المجموعات	٠,٠٢٣	٣٢	٠,٠٠١	
			المجموع	٠,٠٣٢	٣٥		
	سرعة الخطوة		بين المجموعات	١٧,٤٨٢	٣	٥,٨٢٧	**١١,٢٩
			داخل المجموعات	١٦,٥١٥	٣٢	٠,٥١٦	
			المجموع	٣٣,٩٩٧	٣٥		
عدد الخطوات (عدد)			بين المجموعات	١٤٧,٥٠٠	٣	٤٩,١٦٧	**٥,٨٦

المتغيرات	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة "ف" المحسوبة
	داخل المجموعات	٢٦٨,٥٠٠	٣٢	٨,٣٩١	
	المجموع	٤١٦,٠٠٠	٣٥		
متوسط السرعة (م/ث)	بين المجموعات	١٠,٣٩٠	٣	٣,٤٦٣	**٣٣,٨٢
	داخل المجموعات	٣,٢٧٧	٣٢	٠,١٠٢	
	المجموع	١٣,٦٦٨	٣٥		
متوسط التردد (خ/ث)	بين المجموعات	٠,٩٠٩	٣	٠,٣٠٣	**٨,٥٠
	داخل المجموعات	١,١٤٠	٣٢	٠,٠٣٦	
	المجموع	٢,٠٤٩	٣٥		
متوسط طول الخطوة (م)	بين المجموعات	٠,٣٠٨	٣	٠,١٠٣	**٦,٣٣
	داخل المجموعات	٠,٥١٨	٣٢	٠,٠١٦	
	المجموع	٠,٨٢٦	٣٥		
زمن المقطع (ث)	بين المجموعات	٣٧,٧٠٣	٣	١٢,٥٦٨	**٣٠,٧٧
	داخل المجموعات	١٣,٠٦٩	٣٢	٠,٤٠٨	
	المجموع	٥٠,٧٧٢	٣٥		
انزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK (u/l)	بين المجموعات	٤٥٣٣٢٤,٩٧	٣	١٥١١٠٨,٣٢	*٣,٧٩
	داخل المجموعات	١٢٧٤٤٨٠,٦٧	٣٢	٣٩٨٢٧,٥٢	
	المجموع	١٧٢٧٨٠٥,٦٤	٣٥		
انزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH (u/l)	بين المجموعات	٢٢٦٥١٤,٣١	٣	٧٥٥٠٤,٧٧	**٤,٩٦
	داخل المجموعات	٤٨٦٦٤٥,٣٣	٣٢	١٥٢٠٧,٦٧	
	المجموع	٧١٣١٥٩,٦٤	٣٥		
تركيز حامض اللاكتيك (mg/l)	بين المجموعات	٦٦١٥٦,٨٩	٣	٢٢٠٥٢,٣٠	**٥٢٨,٥٥
	داخل المجموعات	١٣٣٥,١١	٣٢	٤١,٧٢	
	المجموع	٦٧٤٩٢	٣٥		

***معنوية "ف" الجدولية عند مستوى ٠,٠٥ = ٢,٩٠ ، **عند مستوى ٠,٠١ = ٤,٤٦**

يتضح من جدول (٩) والخاص بتحليل التباين للمتغيرات البيوميكانيكية للخطوة والمتغيرات الإنزيمية واللاكتيك وتردد الخطوة خلال مراحل سباق ٤٠٠م وجود فروق معنوية بين مراحل السباق فى المتغيرات بالنسبة للخطوة الأولى (طول الخطوة -- زمن الفرملة – زمن الدفع - زمن الإرتكاز – زمن الطيران - زمن الخطوة - سرعة الخطوة) وبالنسبة للخطوة الثانية (طول الخطوة – زمن الفرملة – زمن الدفع - زمن الإرتكاز – زمن الخطوة - سرعة الخطوة) وبالنسبة لمتغيرات الخطوة خلال السباق (عدد الخطوات – متوسط سرعة الخطوة – متوسط التردد – ومتوسط طول الخطوة – زمن المقطع) وبالنسبة للمتغيرات الإنزيمية واللاكتيك (إنزيم كرياتين فسفوكينيز- إنزيم لاكتيك ديهيدروجينيز- حامض اللاكتيك)

جدول (١٠) أقل فرق معنوى لبنفرونى ونسبة الفرق فى المتغيرات البيوميكانيكية للخطوة الجرى بين مقاطع سباق ٤٠٠ متر

المتغيرات			مقاطع السباق	المتوسط الحسابى	فروق المتوسطات					
					١٠٠م الثانية		١٠٠م الثالثة		١٠٠م الرابعة	
					الفرق	نسبة الفرق%	الفرق	نسبة الفرق%	الفرق	نسبة الفرق%
الخطوة الاولى	طول الخطوة		١٠٠م الاولى	٢,١٤١	٠,٠٣٠	١,٤٠%	٠,٠٨٩	٤,١٥%	*٠,٢٦٨	١٢,٥٢%
			١٠٠م الثانية	٢,١١١			٠,٠٥٩	٢,٧٩%	*٠,٢٣٨	١١,٢٧%
			١٠٠م الثالثة	٢,٠٥٢					*٠,١٧٩	٨,٧٢%
			١٠٠م الرابعة	١,٨٧٣						
	زمن الارتكاز	زمن الفرملة	١٠٠م الاولى	٠,٠٤٤	٠,٠٠٢	٥,٠٠%	٠,٠٠٩	٢٠,٠٠%	*٠,٠٢٢	٤٩,٥٠%
			١٠٠م الثانية	٠,٠٤٧			٠,٠٠٧	١٤,٢٩%	*٠,٠٢٠	٤٢,٨٦%
			١٠٠م الثالثة	٠,٠٥٣					*٠,٠١٣	٢٤,٣٨%
			١٠٠م الرابعة	٠,٠٦٧						
		زمن الدفع	١٠٠م الاولى	٠,٠٧٣	*٠,٠١٨	٢٤,٥٥%	*٠,٠٢٠	٢٧,٢٧%	*٠,٠٢٩	٣٩,٥٥%
			١٠٠م الثانية	٠,٠٩١			٠,٠٠٢	٢,٤٤%	٠,٠١١	١٢,٢٠%
			١٠٠م الثالثة	٠,٠٩٣					٠,٠٠٩	٩,٥٢%
			١٠٠م الرابعة	٠,١٠٢						
		المجموع	١٠٠م الاولى	٠,١١٨	٠,٠٢٠	١٦,٩٨%	*٠,٠٢٩	٢٤,٦٢%	*٠,٠٥١١١	٤٣,٤٠%
			١٠٠م الثانية	٠,١٣٨			٠,٠٠٩	٦,٤٥%	*٠,٠٣١١١	٢٢,٥٨%
			١٠٠م الثالثة	٠,١٤٧					٠,٠٢٢	١٥,١٥%
			١٠٠م الرابعة	٠,١٦٩						
	زمن الطيران		١٠٠م الاولى	٠,١٤٩	٠,٠٠٧	٤,٤٨%	٠,٠١٦	١٠,٤٥%	٠,٠٠٤	٢,٩٩%
			١٠٠م الثانية	٠,١٤٢			*٠,٠٢٢	١٥,٤٧%	٠,٠١١	٧,٨١%
			١٠٠م الثالثة	٠,١٦٤					٠,٠١١	٦,٧٦%
			١٠٠م الرابعة	٠,١٥٣						
	زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع		١٠٠م الاولى	١٦٥,١٢٩	٠,٨٩٠	٠,٥٤%	٠,٨٨٠	٠,٥٣%	٢,٢٥١	١,٣٦%
			١٠٠م الثانية	١٦٤,٢٣٩			٠,٠١٠	٠,٠١%	١,٣٦١	٠,٨٣%
			١٠٠م الثالثة	١٦٤,٢٤٩					١,٣٧١	٠,٨٣%
			١٠٠م الرابعة	١٦٢,٨٧٨						
	زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع		١٠٠م الاولى	٦٨,٢٦٤	٩,٨١٣	١٤,٣٨%	٩,٤٥٦	١٣,٨٥%	١٠,٦٤٤	١٥,٥٩%
			١٠٠م الثانية	٧٨,٠٧٨			٠,٣٥٨	٠,٤٦%	٠,٨٣١	١,٠٦%
			١٠٠م الثالثة	٧٧,٧٢٠					١,١٨٩	١,٥٣%
			١٠٠م الرابعة	٧٨,٩٠٩						
	زمن الخطوة		١٠٠م الاولى	٠,٢٦٧	٠,٠١٣	٥,٠٠%	*٠,٠٤٤	١٦,٥٠%	*٠,٠٥٦	٢١,٠٠%
			١٠٠م الثانية	٠,٢٨٠			٠,٠٣١	١١,١١%	*٠,٠٤٢	١٥,٠٠%
			١٠٠م الثالثة	٠,٣١١					٠,٠١١	٣,٥٧%
			١٠٠م الرابعة	٠,٣٢٢						
	سرعة الخطوة		١٠٠م الاولى	٨,٠٧٦	٠,٤٨٩	٦,٠٥%	*١,٣٩٦	١٧,٢٩%	*٢,٢١٠	٢٧,٣٧%
			١٠٠م الثانية	٧,٥٨٦			٠,٩٠٧	١١,٩٥%	*١,٧٢١	٢٢,٦٩%
			١٠٠م الثالثة	٦,٦٧٩					٠,٨١٤	١٢,١٩%
			١٠٠م الرابعة	٥,٨٦٤						
الخطوة الثانية	طول الخطوة		١٠٠م الاولى	٢,١٧٢	٠,٠٨٧	٣,٩٩%	٠,١٠٠	٤,٦٠%	*٠,٢٨٨	١٣,٢٦%
			١٠٠م الثانية	٢,٠٨٦			٠,٠١٣	٠,٦٤%	*٠,٢٠١	٩,٦٤%
			١٠٠م الثالثة	٢,٠٧٢					*٠,١٨٨	٩,٠٧%
			١٠٠م الرابعة	١,٨٨٤						
	زمن الارتكاز	زمن الفرملة	١٠٠م الاولى	٠,٠٥١	٠,٠٠٤	٨,٧٠%	٠,٠٠٢	٤,٣٥%	*٠,٠١٣٣	٢٦,٠٢%
			١٠٠م الثانية	٠,٠٤٧			٠,٠٠٧	١٤,٢٩%	*٠,٠١٧٨	٣٨,١٤%
			١٠٠م الثالثة	٠,٠٥٣					٠,٠١١	٢٠,٨٣%
			١٠٠م الرابعة	٠,٠٦٤						
		زمن الدفع	١٠٠م الاولى	٠,٠٧٦	٠,٠١١	١٤,٧١%	٠,٠١٦	٢٠,٥٩%	*٠,٠٢٢	٢٩,١٢%
			١٠٠م الثانية	٠,٠٨٧			٠,٠٠٤	٥,١٣%	٠,٠١١	١٢,٨٢%
			١٠٠م الثالثة	٠,٠٩١					٠,٠٠٧	٧,٣٢%
			١٠٠م الرابعة	٠,٠٩٨						
		المجموع	١٠٠م الاولى	٠,١٢٧	٠,٠٠٧	٥,٢٦%	٠,٠١٨	١٤,٠٤%	*٠,٠٣٦	٢٨,٤٢%
			١٠٠م الثانية	٠,١٣٣			٠,٠١١	٨,٣٣%	*٠,٠٢٩	٢١,٧٥%
			١٠٠م الثالثة	٠,١٤٤					٠,٠١٨	١٢,٣١%
			١٠٠م الرابعة	٠,١٦٢						
	زمن الطيران		١٠٠م الاولى	٠,١٥٣	٠,٠٠٧	٤,٣٥%	٠,٠٠٠	٠,٠٠%	٠,٠٠٢	١,٤٥%

المتغيرات	مقاطع السباق	المتوسط الحسابى	فروق المتوسطات					
			١٠٠م الثانية		١٠٠م الثالثة		١٠٠م الرابعة	
			الفرق	نسبة الفرق%	الفرق	نسبة الفرق%	الفرق	نسبة الفرق%
	١٠٠م الثانية	٠,١٤٧			٠,٠٠٧	٤,٥٥%	٠,٠٠٩	٦,٠٦%
	١٠٠م الثالثة	٠,١٥٣					٠,٠٠٢	١,٤٥%
	١٠٠م الرابعة	٠,١٥٦						
زاوية الركبة الخلفية لحظة الدفع	١٠٠م الاولى	١٦١,٩٢٧	١,٩٨٩	١,٢٣%	٢,٥٣٠	١,٥٦%	٠,٠٣٨	٠,٠٢%
	١٠٠م الثانية	١٦٣,٩١٦			٠,٥٤١	٠,٣٣%	٢,٠٢٧	١,٢٤%
	١٠٠م الثالثة	١٦٤,٤٥٧					٢,٥٦٨	١,٥٦%
	١٠٠م الرابعة	١٦١,٨٨٩						
زاوية الركبة الامامية لحظة الدفع	١٠٠م الاولى	٨٠,٧٢٦	٤,٤٩٠	٥,٥٦%	٧,٣٦٣	٩,١٢%	١,٦١٨	٢,٠٠%
	١٠٠م الثانية	٧٦,٢٣٦			٢,٨٧٣	٣,٧٧%	٦,١٠٨	٨,٠١%
	١٠٠م الثالثة	٧٣,٣٦٢					٨,٩٨١	١٢,٢٤%
	١٠٠م الرابعة	٨٢,٣٤٣						
زمن الخطوة	١٠٠م الاولى	٠,٢٨٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠%	٠,٠١٨	٦,٣٥%	*٠,٠٣٨	١٣,٥٧%
	١٠٠م الثانية	٠,٢٨٠			٠,٠١٨	٦,٣٥%	*٠,٠٣٨	١٣,٥٧%
	١٠٠م الثالثة	٠,٢٩٨					٠,٠٢٠	٦,٧٢%
	١٠٠م الرابعة	٠,٣١٨						
سرعة الخطوة	١٠٠م الاولى	٧,٨١٥	٠,٣٢٢	٤,١٢%	٠,٨١٤	١٠,٤٢%	*١,٨٤٢	٢٣,٥٧%
	١٠٠م الثانية	٧,٤٩٢			٠,٤٩٢	٦,٥٧%	*١,٥٢٠	٢٠,٢٩%
	١٠٠م الثالثة	٧,٠٠٠					*١,٠٢٨	١٤,٦٨%
	١٠٠م الرابعة	٥,٩٧٢						
عدد الخطوات (عدد)	١٠٠م الاولى	٤٧,٥٠٠	٣,٥٠٠	٧,٣٧%	٠,٦٦٧	١,٤٠%	٢,١٦٧	٤,٥٦%
	١٠٠م الثانية	٤٤,٠٠٠			٢,٨٣٣	٦,٤٤%	*٥,٦٦٧	١٢,٨٨%
	١٠٠م الثالثة	٤٦,٨٣٣					٢,٨٣٣	٦,٠٥%
	١٠٠م الرابعة	٤٩,٦٦٧						
الزمن (ث)	١٠٠م الاولى	١٢,٨٠٦	٠,٣٤٠	٢,٦٦%	*١,٠٢٢	٧,٩٨%	*٢,٢٨٨	١٧,٨٧%
	١٠٠م الثانية	١٢,٤٦٦			*١,٣٦٢	١٠,٩٣%	*٢,٦٢٨	٢١,٠٨%
	١٠٠م الثالثة	١٣,٨٢٨					*١,٢٦٦	٩,١٦%
	١٠٠م الرابعة	١٥,٠٩٣						
متوسط السرعة (م/ث)	١٠٠م الاولى	٧,٨١٤	٠,٢١٨	٢,٧٩%	*٠,٥٧٣	٧,٣٣%	*١,١٦٤	١٤,٩٠%
	١٠٠م الثانية	٨,٠٣٣			*٠,٧٩١	٩,٨٥%	*١,٣٨٢	١٧,٢٠%
	١٠٠م الثالثة	٧,٢٤٢					*٠,٥٩١	٨,١٦%
	١٠٠م الرابعة	٦,٦٥٠						
متوسط التردد (خ/ث)	١٠٠م الاولى	٣,٧١٢	٠,١٧٧	٤,٧٦%	*٠,٣٢٦	٨,٧٨%	*٠,٤٢٠	١١,٣٢%
	١٠٠م الثانية	٣,٥٣٤			٠,١٤٩	٤,٢١%	٠,٢٤٣	٦,٨٩%
	١٠٠م الثالثة	٣,٣٨٨					٠,٠٩٤	٢,٧٩%
	١٠٠م الرابعة	٣,٢٩١						
متوسط طول الخطوة (م)	١٠٠م الاولى	٢,١١٠	*٠,١٧١	٨,١٠%	٠,٠٣٤	١,٦٣%	٠,٠٨٦	٤,٠٥%
	١٠٠م الثانية	٢,٢٧٨			٠,١٣٧	٦,٠٠%	*٠,٢٥٧	١١,٢٨%
	١٠٠م الثالثة	٢,١٤٣					٠,١٢٠	٥,٦٠%
	١٠٠م الرابعة	٢,٠٢٣						
انزيم كرياتين فوسفوكاينيز (u/l) CPK	١٠٠م الاولى	٣٦٤,٣٣٣	١٦٠,١١	٤٣,٩٥%	*٣٠٠,١١	٨٢,٣٧%	٢٣٧,٢٢	٦٥,١١%
	١٠٠م الثانية	٥٢٤,٤٤٤			١٤٠,٠٠	٢٦,٦٩%	٧٧,١١	١٤,٧٠%
	١٠٠م الثالثة	٦٦٤,٤٤٤					٦٢,٨٩	٩,٤٦%
	١٠٠م الرابعة	٦٠١,٥٥٦						
انزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH (u/l)	١٠٠م الاولى	٣٤٣,١١١	١٠٣,٠٠	٣٠,٠٢%	*٢٢٣,١١	٦٥,٠٣%	١٢٦,٢٢	٣٦,٧٩%
	١٠٠م الثانية	٤٤٦,١١١			١٢٠,١١	٢٦,٩٢%	٢٣,٢٢	٥,٢١%
	١٠٠م الثالثة	٥٦٦,٢٢٢					٩٦,٨٩	١٧,١١%
	١٠٠م الرابعة	٤٦٩,٣٣٣						
تركيز حامض اللاكتيك (mg/l)	١٠٠م الاولى	٢١,٠٠٠	*٤٥,١١	٢١٤,٨١%	*١٠٣,٥٦	٤٩٣,١٤%	*١٠٠,٦٧	٤٧٩,٣٨%
	١٠٠م الثانية	٦٦,١١١			*٥٨,٤٤	٨٨,٤٠%	*٥٥,٥٦	٨٤,٠٤%
	١٠٠م الثالثة	١٢٤,٥٥٦					٢,٨٨٩	٢,٣٢%
	١٠٠م الرابعة	١٢١,٦٦٧						

***معنوى عند ٠,٠٥**

يتضح من جدول (١٠) والخاص بأقل فرق معنوى لبنفرونى ونسبة الفروق فى المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة الجرى الأولى والثانية بين مقاطع سباق ٤٠٠ متر حيث جاءت نسبة الفروق بين ١٠٠ م الاولى والثانية ما بين (٠,٠٠% : ٢٤,٥٥%) ، وبين ١٠٠م الاولى والثالثة ما بين (٠,٠٠% : ٢٧,٢٧%) ، وبين ١٠٠م الاولى والرابعة ما بين (٠,٠٢% : ٤٩,٥٠%) ، وبين ١٠٠م الثانية والثالثة ما بين (٠,٠١% : ١٥,٤٧%) ، وبين ١٠٠م الثانية والرابعة ما بين (٠,٨٣% : ٤٢,٨٦%) ، وبين ١٠٠م الثالثة والرابعة ما بين (٠,٨٣% : ٢٤,٣٨%) ، حيث جاءت ١٠٠ متر الاولى بأفضل متغيرات للخطوة سواء الاولى أو الثانية فى طول وسرعة وزمن الخطوة وزمن الارتكاز يليها ١٠٠ متر الثانية ثم الثالثة بينما ١٠٠ م الرابعة جاءت بأقل درجة فى المتغيرات البيوميكانيكية للخطوة خلال سباق ٤٠٠ متر.

وفى متغيرات الخطوة خلال سباق ٤٠٠ متر جاءت نسبة الفروق بين ١٠٠م الاولى والثانية ما بين (٢,٦٦% : ٨,١٠%)، وبين ١٠٠م الاولى والثالثة ما بين (١,٤٠ % : ٨,٧٨%) ، وبين ١٠٠م الاولى والرابعة ما بين (٤,٠٥% : ١٧,٨٧%) ، وبين ١٠٠م الثانية والثالثة ما بين (٤,٢١% : ١٠,٩٣%) ، وبين ١٠٠م الثانية والرابعة ما بين (٦,٨٩% : ٢١,٠٨%) ، وبين ١٠٠م الثالثة والرابعة ما بين (٢,٧٩% : ٩,١٦%) حيث جاءت ١٠٠ متر الثانية بأقل عدد خطوات وأفضل زمن وطول للخطوة بينما جاءت ١٠٠ م الاولى بأفضل سرعة للخطوة وأعلى تردد بينما جاءت ١٠٠ متر الاخيرة بأكبر عدد للخطوات وأعلى زمن وأقل تردد وأقل سرعة فى سباق ٤٠٠ متر.

وفى المتغيرات البيوكيميائية خلال سباق ٤٠٠ متر جاءت نسبة الفروق فى إنزيمي LDH & CPK وحمض اللاكتيك بين ١٠٠م الاولى والثانية ما بين (٤٣,٩٥% ، ٣٠,٠٢% ، ٢١٤٨١%) ، وبين ١٠٠م الاولى والثالثة ما بين (٨٢,٣٧% ، ٦٥,٠٣% ، ٤٩٣,١٤%) ، وبين ١٠٠م الاولى والرابعة ما بين (٦٥,١١% ، ٣٦,٧٩% ، ٤٧٩,٣٨%) ، وبين ١٠٠م الثانية والثالثة ما بين (٢٦,٦٩% ، ٢٦,٩٢% ، ٨٨,٤٠%) ، وبين ١٠٠م الثانية والرابعة ما بين (١٤,٧٠% ، ٥,٢١% ، ٨٤,٠٤%) ، وبين ١٠٠م الثالثة والرابعة ما بين (٩,٤٦% ، ٥,٢١% ، ٢,٣٢%) حيث تدرج إنزيمي LDH & CPK وحمض اللاكتيك فى الزيادة خلال ١٠٠م الاولى والثانية حتى وصل الى اعلى قيمة بعد ١٠٠م الثالثة ثم قل التركيز بعد ١٠٠م الاخيرة فى سباق ٤٠٠ متر.

مناقشة النتائج :-

يتضح من الجداول السابقة لعرض نتائج البحث أن هناك زيادة ديناميكية فى تركيز مستوى حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK تتدرج بالزيادة خلال ١٠٠متر الاولى والثانية حتى وصل إلى أعلى تركيز بعد ١٠٠متر الثالثة ثم قل التركيز بعد ١٠٠متر الاخيرة فى سباق ٤٠٠ متر.

وتوجد علاقة ارتباط عكسية بين زيادة تركيز حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK والمتغيرات البيوميكانيكية للخطوة (طول وسرعة تردد الخطوة)، وعلاقة طردية مع متغيرات (زمن الفرملة وزمن الدفع وزمن الإرتكاز وزمن الخطوة) خلال سباق ٤٠٠ متر عدو.

حيث جاءت ١٠٠ متر الاولى بأفضل متغيرات للخطوة سواء الاولى أو الثانية فى طول وسرعة وزمن الخطوة وزمن الارتكاز يليها ١٠٠ متر الثانية ثم الثالثة بينما ١٠٠ م الرابعة جاءت بأقل درجة فى المتغيرات البيوميكانيكية للخطوة وجاءت ١٠٠ متر الثانية بأقل عدد خطوات وأفضل زمن وطول للخطوة بينما جاءت ١٠٠ م الاولى بأفضل سرعة للخطوة وأعلى تردد بينما جاءت ١٠٠ متر الاخيرة بأكبر عدد للخطوات وأعلى زمن وأقل تردد وأقل سرعة فى سباق ٤٠٠ متر.

ومن خلال ذلك يظهر للباحثان تأثير كلا من حامض اللاكتيك وإنزيمي LDH ، CPK علي بعض متغيرات الخطوة المؤثرة في حسم نتيجة سباق ٤٠٠م عدو ، حيث أدي زيادة تركيز حامض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK إلي تغير في زمن كلا من الفرملة والدفع والذي أدي بدوره إلي تغير في زمن الإرتكاز .

ويذكر جيرمي ريتشموند .Jeremy R (٢٠١١) أن في مرحلة الإرتكاز يحدث نقص للسرعة لدى صفوة العدائين بنسبة ٢-٣ % في حين تزيد النسبة لدى العدائين الأقل في فاقد السرعة بنسبة ٥-٦ % . ولتحقيق سرعة أكبر يجب تقليل زمن الإرتكاز مع زيادة القوة الدافعة (١٠) وأنه يجب أن تكون قوة الفرملة الأفقية وزمن الفرملة صغيرين جدا من أجل تجنب الفقد في السرعة أثناء مرحلة التأثير. (٩)

ويتفق كلا من فيربر وآخرون .Ferber et al (٢٠٠٢) مع جريمستون وآخرون .Grimston et al (١٩٩٤) وهانتر Hunter, J. et al (٢٠٠٥) على أن قدرة العداء على تقليل قوى الفرملة الأفقية وزيادة قوى الدفع هي عنصر أساسي وحيوي في حسم السباق (٥)، (٦)، (٩) وأن أوضاع أجزاء الجسم عند مرحلتي الفرملة والإرتقاء تؤثر على زمن الإرتكاز ومسافته (٢٣) وأن قدرة العداء على تقليل قوى الفرملة الأفقية وزيادة قوى الدفع هي عنصر أساسي وحيوي في حسم السباق. (٥)، (٦)، (٩)

ولقد حدد ميلان كو وآخرون Milan Coh, et al (٢٠٠٣) أن أهم الخصائص البيوميكانيكية لخطوة العدو المؤثرة على السرعة القصوى هى زمن الإرتكاز وزمن الفرملة وأقل مقدار إندفاع ممكن لمرحلة الفرملة

وأقصى مقدار إندفاع ممكن لمرحلة الدفع والإحتفاظ بأقصى سرعة أفقية لمركز ثقل الجسم في مرحلة الإرتكاز الأمامي. (١٧)

كما يرى الباحثان أن زيادة تركيز حامض اللاكتيك وإنزيمي CPK & LDH قد أثرا علي زمن الطيران والذي أدي بدوره مع زيادة زمن الإرتكاز إلي زيادة زمن الخطوة الأمر الذى أثر بالسلب على سرعة العداء.

حيث يذكر ساراسلانيديس وآخرون Saraslanidis et al (٢٠١١) أن قوى رد فعل الأرض ومقاومة الهواء أثناء الإرتكاز تؤثر على زمن الطيران ومسافته (٢٣) وأن مرحلة تناقص السرعة تتميز بزيادة طفيفة في أزمنة الإرتكاز وبالتالي في تناقص طفيف في أزمنة الطيران. (١٨)

ويرى نوفاتشيك Novacheck (١٩٩٨) أن سرعة العدو تزداد كلما كانت المدة الزمنية لمرحلة الإرتكاز أقصر وكلما كان زمن الطيران أطول والتي تحدد قيمها كالتالي زمن مرحلة الإرتكاز حوالي ٤٠% وزمن مرحلة الطيران ٦٠% ، بينما في حالة صفوة العدائين من الممكن أن تصل المدة الزمنية لمرحلة الإرتكاز ٢٠% ولمرحلة الطيران ٨٠%. (٢٠)

ويرى الباحثان أن زيادة زمن الخطوة إلي إنخفاض معدل ترددها والذي يعكس تأثير كلا من حامض اللاكتيك وإنزيمي CPK & LDH علي خصائص الخطوة حيث إنخفض أيضا متوسط طول الخطوة بالرغم من زيادة زمن كلا من الدفع والطيران والذي يدل علي التأثير الفعال لحامض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPKعلي مقدار قوة دفع العدائيين للأرض وزاوية الدفع.

ويشير ميرو وآخرون Mero, A., et al (١٩٩٢) أنه عند عدو الشخص بسرعات مختلفة فان الزيادة في سرعة العدو ترتبط بزيادة كلا من طول وتردد الخطوة (١٦) وأن طول الخطوة محكوم بالقوة التى يبذلها العداء خلال فترة التلامس مع الأرض، وأن الطريقة المثالية لتحسن طول الخطوة ليست بتغيير الأسلوب ولكن بتحسين القدرة على إنتاج قوة فالزيادات الطبيعية فى طول الخطوة تحدث عندما يتم تطبيق قوة أكبر على الأرض بفضل االتحسن فى تردد الخطوة. (١٣)

ويتفق ميلان كو وآخرون Milan Coh, et al (٢٠٠٣) على إعتماد كلاً من طول وتردد الخطوة على الخصائص الشكلية وزمن مرحلة الإتصال ومقدار القوة في مرحلتي الكبح والدفع (١٧) فبالنسبة للعدائين، فإن القوة العضلية والمحفزات العصبية وطول الأطراف هم أكثر العوامل أهمية للأخذ فى الإعتبار هذه العوامل تؤثر على العنصرين الأساسين الذين يحددان سرعة العدو وهما طول الخطوة وترددها. وإن النسبة بين تردد الخطوة وطولها لا مثيل لها لكل فرد وتعمل بطريقة آلية بمعنى أنه كلما زاد التردد، كلما قصر طول الخطوة، والعكس بالعكس، وأن السرعة القصوى للعدو هى نتيجة النسبة المثلى بين طول الخطوة وترددها (١٣)، (٤)

ويرى الباحثان أنه مع التغيرات السلبية لكلا من طول الخطوة وترددها حدث إنخفاض في متوسط سرعة الخطوة والذي أدي بدوره إلي زيادة الزمن الكلي للسباق والذي يعكس الواقع بتأثير كلا من حامض اللاكتيك وإنزيمي CPK & LDH علي حسم نتيجة سباق ال٤٠٠م عدو.

حيث يؤكد ماكردل وآخرون .Mc Ardle et al (٢٠٠٠) أن القابلية لتكوين نسبة عالية من حامض اللاكتيك خلال الجهد الأقصى تزداد بألعاب السرعة العالية (١٥) وأنه بعد سباق ٤٠٠ متر بزمن قدره ٤٥,٥٠ ثانية يحدث للعداء ذو المعايير الدولية تركيز لحامض اللاكتيك حوالي ٢٤,٩٧ مللي مول/ اللتر. (٢٥)

وتتفق نتائج البحث مع ما تؤكده كاسي فيسلر .Cathy F (٢٠١٠) أن مستويات إنزيم الكرياتين فسفوكينيز تزداد بعد التدريب، وهناك عوامل عديدة تؤثر على إرتفاع نسبته بالدم خاصة طول وشدة التدريب ، فالمعدل الطبيعي يكون أقل من ٢٠٠ وحدة/لتر بينما قد تصل في بعض الرياضات لأكثر من ٢٠٠الف وحدة/لتر. (٣)

وهذا ما يؤكده برانكسيو وآخرون .Brancaccio et al (٢٠٠٦)، (٢٠٠٧) أن مستويات إنزيمي لاكتيك ديهيدروجينيز والكرياتين فسفوكينيز تكون قليلة التركيز بالدم اثناء الراحة وهذا ناتج عن تكسير وبناء الخلايا داخليا بينما بعد التدريب الشديد يتم زيادتها بشكل كبير جدا (١)، (٢) وأن أكبر مؤثر تدريبي على زيادة إنزيم كرياتين فسفوكينيز هو تدريبات الشدة العالية والمدة الطويلة وتدريبات الأثقال. (١١)

ويذكر مونجال وآخرون .Munjal et al (١٩٨٣) أن مستويات إنزيمي لاكتيك ديهيدروجينيز والكرياتين فسفوكينيز تزيد بصورة واضحة عقب الجري عنه اثناء الراحة (١٩) وأن مستويات إنزيمي لاكتيك ديهيدروجينيز والكرياتين فسفوكينيز في الدم تعطي مؤشرا جيدا عن درجة التأقلم الأيضي للعضلات الهيكلية للتدريب البدني، فكلا الإنزيمين مشتركين في أيض العضلة وتركيزهم في الدم. (٢)

ويضيف تيتسو أوكاوا وآخرون .Tetsuo Ohkuwa et al (١٩٨٤) أن هناك علاقة قوية بين متوسط سرعة عدو سباق ٤٠٠ متر ونشاط مستوي إنزيم الكرياتين كينيز واللاكتيك ديهيدروجينيز، كما يضيف أن العلاقة بين مستويات إنزيمي لاكتيك ديهيدروجينيز والكرياتين كينيز في الدم أكثر فاعلية لتحديد مستوى التدريب البدني على عدائي ال٤٠٠ متر عن العلاقة بين مستوى حامض اللاكتيك وانزيم لاكتيك ديهيدروجينيز. (٢٤)

ومن خلال ما سبق من عرض ومناقشة النتائج يتضح تحقق فروض البحث أن هناك علاقة ارتباط معنوية بين متغيرات الخطوة وتغيرات تركيز حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK خلال سباق ٤٠٠م عدو ، وهناك فروق ذات دلالة معنوية فى متغيرات الخطوة وتركيز حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK خلال مقاطع سباق ٤٠٠م عدو.

إستنتاجات البحث :-

١- هناك زيادة ديناميكية فى تركيز مستوى حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK تتدرج بالزيادة خلال ١٠٠متر الاولى والثانية حتى وصل إلى أعلى تركيز بعد ١٠٠متر الثالثة ثم قل التركيز بعد ١٠٠متر الاخيرة فى سباق ٤٠٠ متر.

٢- هناك اختلاف فى المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة الجرى (طول الخطوة – تردد الخطوة – زمن الفرملة – زمن الدفع – زمن الإرتكاز – زمن الخطوة – سرعة الخطوة) خلال مقاطع سباق ٤٠٠ متر.

٣- يختلف شكل خطوة الجرى خلال مقاطع السباق حيث جاءت ١٠٠ متر الثانية بأفضل زمن وطول للخطوة وأقل عدد خطوات بينما جاءت ١٠٠ متر الاولى بأفضل سرعة للخطوة وأعلى تردد بينما جاءت ١٠٠ متر الاخيرة بأكبر عدد للخطوات وأعلى زمن وأقل تردد وسرعة خلال سباق ٤٠٠ متر.

٤- توجد علاقة ارتباط عكسية بين زيادة تركيز حمض اللاكتيك وإنزيمي LDH & CPK والمتغيرات البيوميكانيكية للخطوة (طول وسرعة تردد الخطوة)، وعلاقة طردية مع متغيرات (زمن الفرملة وزمن الدفع وزمن الإرتكاز وزمن الخطوة) خلال سباق ٤٠٠ متر عدو.

توصيات البحث :-

١- الإستفادة من نتائج البحث فى توجيه الأحمال التدريبية للاعبى سباق ٤٠٠ متر عدو .

٢- إجراء المزيد من البحوث لسباق ٤٠٠ متر عدو على متغيرات فسيولوجية أخرى مثل سكر الدم (الجلوكوز) وغيرها من إنزيمات الدم الأخرى .

٣- ضرورة إجراء فحوصات تتبعية للمتغيرات الفسيولوجية وبخاصة متغيرات الدم خلال فترات الموسم المختلفة لمتابعة حالة اللاعبين .

٤- إجراء المزيد من البحوث على المتغيرات الكيناتيكية ومتغيرات القوة لخطوة العدو لمعرفة مدى الإرتباط بينها وبين المتغيرات الإنزيمية وتأثرها بها .

٥- إجراء المزيد من البحوث لمعرفة تأثيرإنزيمى لاكتيك ديهيدروجينيز LDH وفسفوكينيز CPK فى سباقات العدو الأخرى فى ألعاب القوى .

المراجع :-

1 - Brancaccio P1, Maffulli N, Limongelli FM : Creatine kinase monitoring in sport medicine. Br Med Bull. 2007;81-82:209-30. Epub 2007 Jun 14. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17569697

2 - Brancaccio P1, Maffulli N, Limongelli FM : Monitoring of serum enzymes in sport J Sports Med. Feb; 40(2): 2006. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2492050/

3 - Cathy Fieseler : What Runners Need to Know About Their Blood Test Results.Running times.OCTOBER 13, 2010 http://www.runnersworld.com/health/blood-test-results-for-runners

4 - COH, M. & TOMAZIN, K : Biomechanical characteristics of female sprinters during the acceleration phase and maximum speed phase. Modern Athlete and Coach, 43(4), 2005.

5 - Ferber, R.I., McClay-Davis, I., Hamill, J., Pollard, C.D., & McKeown, K.A. : Kinetic variables in subjects with previous lower extremity stress fractures. Med Sci Sports Exerc, 34(S5). 2002

6 - Grimston, S.K., Nigg, B.M., Fisher, V., & Ajemian, S.V. : External loads throughout a 45 minute run in stress fracture and non-stress fracture runners. Journal of Biomechanics, 27,1994

7 - Guyton A. C : Anaerobic release of energy . In Text book of medical physiology . W. B. Saunders company. U. S. A. 1986.

8 - Haslett & et al. : Principles and Practice of Medicine. Churchill Livingston, New York, 19th 2004 .

9 - Hunter, J.P., Marshall, R.N., McNair, P.J. : Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. J Appl Biomech, 21(1), 2005 .

10 - Jeremy Richmond : Modelling a Sub-10 second 100m Sprinter Using Newton's Equations of Motion, IAAF NEW STUDIES IN ATHLETICS ISSUE 1/2.2011.

11 - Joshua Latham & Darren Campbell : How much can exercise raise creatine kinase level—and does it matter?. J Fam Pract. August;57(8): 2008 . http://www.jfponline.com/home/article/how-much-can-exercise-raise-creatine-kinase-level-and-does-it-matter/86f4f4fd65053888a3d529aca00eb455.html

12 - Jürgen Schiffer : The 400 metres , IAAF New Studies in Athletics • no. 2/2008 , 2008

13 - Jürgen Schiffer : The Sprints , IAAF New Studies in Athletics • no. 1/2009 , 2009 .

14 - kent, m. : Worterbuch sportwissenschaft und sportmedizin. Wiesbaden , 1998 .

15 - Mc Ardle W. D. , Katch F. I. , Katch V. L. : Lactate producing capacity In "Essentials of Exercise physiology . Lippincott Williams and Williams U. S. A. 2000.

16 - Mero, A., Komi, P.V., & Gregor, R.J. : Biomechanics of sprint running. A review. Sports medicine (Auckland, NZ), 13(6), 1992.

17 - Milan Coh, Alex Dolenec, Bojan JoSt : KINEMATIC, KINETIC AND ELECTROMYOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE SPRINTING STRIDE OF TOP FEMALE SPRINTERS , Faculty of Sport, University of Ljubljana, Slovenia , 2003

18 - Moravec, P., Ruzicka, J., Susanka, P., Dostal, E., Kodejs, M., & Nosek, M. : The 1987 International Athletic Foundation/IAAF Scientific Project Report: time analysis of the 100 meters events at the II World Championships in Athletics. New Studies in Atheletics, 3, 1988 .

19 - Munjal DD, McFadden : Changes in serum myoglobin, total creatine kinase, lactate dehydrogenase and creatine kinase MB levels in

JA, Matix PA, Coffman KD, Cattaneo SM : runners. Clin Biochem. Jun;16(3): 1983 . http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6851084

20 - Novacheck, T. : The biomechanics of running. Gait & posture, 7(1), 1998.

21 - Paulo Jorge & Victor Manuel : Speed strength endurance and 400m performance , IAAF New Studies in Athletics • no. 4/2004 , 2004 .

22 - Robergs, R.A. & Roberts, S.O : Fundamental principles of Exercise physiology for fitned, proormance and health, mcgraw – hill publishers . Bostn , 2000

23 - Saraslanidis, P.J., Panoutsakopoulos, V., Tsalis, G.A.. & Kyprianou, E. : The effect of different first 200-m pacing strategies on blood lactate and biomechanical parameters of the 400-m sprint. Eur J Appl Physiol. 111(8), 2011 .

24 - Tetsuo Ohkuwa, Mitsuru Saito, Mihar u Miyamura : Plasma LDH and CK activities after 400 m sprinting by well-trained sprint runners . European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology.September, Volume 52, Issue 3, 1984 http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF01015213#page1

25 - William Black : TRAINING FOR THE 400m , TRACK COACH #102 (Winter) , 1988 .

26 : http://kidshealth.org/parent/system/medical/test_ldh.html Date 17/10//2016

27 : http://en.wikipedia.org/wiki/Lactate_dehydrogenase Date 17/10//2016