دراسة بعض المتغيرات البيوميكانيكية والتغيرات الفسيولوجية لمتسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى سباق 400 متر عدو

د . سعد فتح الله محمد العالم
د . شيماء عبد النبي عبد الحفيظ

المقدمة ومشكلة البحث :-

إن التقدم والإنجاز الرقمى فى مسابقات العاب القوى ليس وليد الصدفة وإنما يعكس جهود علماء التدريب الرياضى فى إختيار طرق ووسائل التدريب الحديثة التى تعتمد على الاعداد المتكامل للعملية التدريبية والارتقاء بدرجات الاستجابة والتكيف الوظيفى لأجهزة الجسم الحيوية وفهم الأداء الحركى لتحديد مجالات التحسين والتطوير للوصول إلى المستويات العالية.

ويعتبر سباق 400 متر عدو أحد أكثر سباقات العاب القوى صعوبة فهو سباق وسيط بين سباقات المسافات القصيرة والمتوسطة، ويلقب بالسباق القاتل "قاتل الرجال" وذلك نظراً لأنه يتجاوز الحد الذي يستطيع من خلاله العداء المحافظة على سرعته القصوى ويشكل ضغط كبير جداً على أجهزة الجسم الحيوية والإجهاد الشديد وعلى الأخص في المرحلة الختامية من السباق ويتطلب أن يكون العداء قادرًا على الوصول إلى سرعة عالية مع اقتصادية الأداء والحفاظ على الخصائص المثالية لمتغيرات الخطوة فى ظل التعب الشديد (25)، (33)

ويصنف سباق 400 متر عدو ضمن سباقات تحمل السرعة الذي يتطلب القدرة على العدو بسرعة قريبة من السرعة القصوى للعداء ويحتاج الي عناصر بدنية خاصة تميزه عن غيره من سباقات المضمار ومنها تحمل السرعة القصوى وتحمل القدرة العضلية (50 : 39) ويختلف سباق 400 متر فى المراحل الفنية عن سباقات السرعة الأخرى فى الجهد المطلوب من البداية نظراً لطول المسافة حول منحنيين، حيث ينقسم إلى مرحلة البدء التى تتطلب سرعة رد الفعل عند الانطلاق من مكعبات البداية، ومرحلة تدرج السرعة للوصول الى ما يقرب من السرعة القصوى، ثم مرحلة عدو السباق بالمحافظة على مستوى السرعة والاسترخاء العضلى، والمرحلة الاخيرة تحمل السرعة فى نهاية السباق (2 : 102)

ويُعد سباق 400م من أعنف سباقات المضمار فهو يمثل سباقا منعزلاً عن سباقات السرعة الاخرى نظراً لمتطلباته الخاصة التي تتعلق بالجوانب الفسيولوجية والبيوميكانيكية فضلاً عن تأثير النواحي الخططية على طبيعة الانجاز الرقمي والتي تتمثل في استراتيجية العدو (25) ويعتمد العدو بكفاءة على تناغم المتغيرات البيوميكانيكية بين مراحل السباق المختلفة حيث يتحدد الزمن اللازم للعدو وفقاً للعديد من المتغيرات البيوميكانيكية التي تتمثل في سرعة العدو وبعض الخصائص الكينماتيكية لخطوة العدو، كما تتطلب مرحلة تزايد السرعة ان تكون الخطوة أطول ما يمكن بحيث يستطيع العداء انتاج اقصى قوة ممكنة (43) حيث تنخفض سرعة العدو وطول الخطوة ويزداد وقت الاتصال بعد مسافة 100 - 300 متر ويزداد تراكم اللاكتات فى الدم بزيادة مسافة الجرى (47) وذلك لتطلب قدرة لاكتيك لاهوائية عالية أثناء السباق. (53)

وسباق 400 متر يتطلب استخدام أقصى حدود عمليات الطاقة اللاهوائية والعمليات الهوائية بشكل كبير حيث ينخفض الفسفوكرياتين PC بسرعة خلال مسافة 100 متر الأولى بينما لم يتم

تعزيز إنتاج الطاقة من الجليكوجين بشـــكل كبير ويظهر ذلك من خلال انخفاض التركيزات فى العضـلات واللاكتات في الدم، وتبدأ سرعة العدو في الانخفاض بعد مسافة 200 متر على الرغم من وجود طاقة كافية في شكل الفسفوكرياتين PC وATP في العضلات العاملة، ويرجع ذلك الى انخفاض معدل إعادة تركيب ATP والتغيير في وظائف وتجنيد الالياف العضـلية المختلفة، حيث يتم بعد مسافة 200 متر تعزيز إنتاج ATP من تحلل السكر بشكل كبير، وزيادة فى معدل تراكم اللاكتات في العضلات والدم خلال 100 متر الثالثة وفى الوقت نفسه يقل عائد ATP من مصدر الفســفوكرياتين PC من خلال انخفاض تركيز الفســفوكرياتين PC بين 200- 300 متر عدو، وخلال النصف الثاني من السباق تزداد نسبة مشاركة الألياف العضلية البطيئة ST في توليد القوة نتيجة زيادة التعب، ويرجع ذلك الى أن بداية العدو السريع تستهلك الالياف العضلية السريعة FT أكثر من مخازن طاقة الفســفوكرياتين PC الخاصــة بها أكثر من الألياف البطيئة الانقباض ST والعدائين المدربين يمكن إعادة بناء الفســفوكرياتين PC لديهم بســرعة داخل الألياف العضــلية السريعة أكبر من الالياف البطيئة، وتنخفض السرعة بشكل كبير خلال أخر 100 متر من السباق وذلك يرجع الى ارهاق العضــلات حيث يتم اســتنفاذ مصــدر الطاقة من الفســفوكرياتين PC وانخفاض تركيز الجليكوجين وتأخر معدل انتاج ATP من تحلل السكر بسبب اللاكتات المتراكمة التى تمنع تحلل السكر. (29)، (28)

والنجاح في سباق 400 متر عدو يعتمد إلي حد كبير على قدرة المتسابق على انتاج الطاقة عن طريق الجلكزة اللاهوائية مع ارتفاع نسـبة حامض اللاكتيك، حيث يعتمد الســباق على مصــادر الطاقة التى تســتمد من تكســير مركبات الفوســفات PC ذات الطاقة العالية بنســبة (20– 25%) والانتاج اللاهوائي للادينوسين ثلاثي الفوسفات ATP عن طريق عملية تحليل الجلوكوز بنسبة (55– 60%) والانتاج الهوائي للادينوســين ثلاثي الفوســفات ATP بنســبة (15 - 20%) وأن المتســابقين الافضــل مســتوى لديهم القدرة على انتاج طاقة أكبر عن طريق النظام اللاهوائي اللاكتيكي. (57 : 3243)

والعدائين الاكثر تدريباً لديهم قدرة أعلى في الحفاظ على الســرعة القصــوى بدرجة اكبر لما لديهم من مســتويات أعلى من الفســفوكرياتين PC في العضــلات العاملة والذي يعمل على زيادة الوقت قبل الحصــول على الطاقة من تحلل الجلوكوز لاهوائياً (57) حيث تصــل الســرعة لدى العدائين النخبة خلال مسافة 200 متر الأولى إلى نسبة 97.6% وعدائى المستوى الدولى بنسبة 94.4% والمستوى الاقليمى بنسبة 93.9% من أفضل سرعة لديهم بسباق 200 متر عدو (15) وبعد مسافة 200- 300 متر يحدث تناقص في القوة ويزيد تركيز حمض اللاكتيك في الشعيرات الدموية (52) ويفقد العدائين السرعة فى الجزء الأخير من السباق بنسبة 13-20٪ (25) وترجع نســبة انخفاض الســرعة الى قدرة المتســابق على الجرى تحت التعب المرتبط بزيادة تركيز اللاكتات في الدم (38) والقيم المســتنفدة من الفســفوكرياتين PC وانخفاض كبير في الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP (28) وأن العدائون النخبة يمكنهم استمداد الطاقة في النصف الاول من الســباق من المصــادر الغير معتمدة على حمض اللاكتيك مما يعمل على ترســب أقل لحمض اللاكتيك في العضلات اثناء جري النصف الثاني من السباق. (57 : 3243)

ويبدأ انخفاض توليد قوة عضلات الرجلين خلال الربع الأول من سباق 400 متر ويتم تعويض إنتاج القوة المتدهورة حتى حوالى مســافة 200-300 متر، وبعد ذلك لايمكن تعويض التعب

وسرعة العدو حيث أن التعب بين الرياضيين المدربين يرجع بشكل رئيسي إلى العمليات داخل العضلات الهيكلية بدلاً من الجهاز العصبي المركزي (47) ويرجع ذلك الى أن حركة امتصاص الاكسجين تكون أبطأ في الالياف العضلية السريعة مقارنة بالألياف بطيئة الانقباض (37) فإذا تم تجنيد نسبة عالية من الألياف العضلية السريعة (بالتزامن مع نسبة قليلة من الألياف البطيئة) أثناء بداية العدو فإنه من المحتمل أن تتأخر إستجابة امتصاص الأكسجين بشكل كبير (56) بالإضافة إلى ذلك يؤدي التردد العالي للخطوة أيضًا إلى خفض تدفق الدم العضلي (16) بسبب فترات الاسترخاء القصيرة بين الانقباضات العضلية وبذلك يمكن أن تؤدي هذه العوامل إلى انخفاض توصيل وامتصاص الاكسجين إلى العضلات العاملة خلال السرعة العالية (34) ويعتبر هذا التاثير الافتراضي للألياف العضلية السريعة فى حركة امتصاص الاكسجين حتى في المرحلة الأخيرة من سباق 400 متر عدو، عندما تكون آليات التعب أكثر وضوحاً (12) وأنه فى ظل ظروف ارتفاع درجة الحمضية يمكن للعضلات السريعة أن تعيد استخدام كميات أكبر من الطاقة المخزنة من العضلات البطيئة خلال دورة الاسترخاء القصيرة مثل العدو السريع. (51)

ومن خلال العرض السابق نجد أن سباق 400 متر من السباقات الفريدة التي تحتاج الي توافر صفات بدنية وفسيولوجية وبيوكيميائية لدى المتسابقين بالاضافة الى الاستراتيجية والبرامج التدريبية المقننة والمبنية على أسس علمية دقيقة تتناسب مع متطلبات السباق، ولذا فان التعرف على التفاصيل الدقيقة للسباق والوقوف على مستوى المتسابقين المحليين يعتبر الخطوة الأساسية نحو بناء برامج تدريبية تؤدى الى الوصول للمستويات العالية.

حيث أن فهم استراتيجية العدو المناسبة لقدرات كل متسابق فى سباق 400متر وتقسيم السباق الى مراحل محددة لدراسة متغيرات ومؤشرات كل مرحلة يعمل على توفير المعلومات والبيانات بشكل موضوعى للمدربين لتطوير أداء المتسابقين وفقاً للتقييم العلمى للأداء المهارى (1 : 3) ويتم تقييم الأداء المهاري بأن يؤخذ التكنيك الرياضي للاعبي المستويات الرياضية العالية كنموذج معياري للأداء المهاري المتميز بالمنطقية والعقلانية العلمية وذلك عن طريق المقارنة بين المؤشرات التمييزية التي تتغير بتطور مستوى الأداء المهاري. (4 : 7)

وبالرغم من كثرة المعلومات عن العدائين ومسافات الجري المتوسطة والطويلة إلا أن هناك نقص في المعلومات العلمية عن النتائج المباشرة وطويلة المدى والتدريب وايضا عن خصائص الأداء في سباق 400 متر عدو، مما يجعل اتخاذ القرار صعب في اختيار أفضل طرق التدريب لهذه المسابقة (57 : 3243) حيث يتطلب سباق 400 متر قدرة لاكتيك لاهوائية عالية وبالتالي يخصص المدربون جزءًا كبيرًا من وقت التدريب لتحمل السرعة وتراكم اللاكتات لتحسين الأداء في السباق (53) حيث يحدث تكيف فى أجهزة الجسم مع نوع الضغط أو التدريب المفروض عليه ويؤدي بشكل أفضل في ظل ظروف التدريب المماثل (45) وبالتالى فان فهم التغيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية أثناء مراحل السباق تعتبر أهم الخطوات لبناء برامج تدريبية لتنمية وتحسين تكيف أجهزة الجسم مع متطلبات سباق 400 متر.

كما أن فهم العوامل الميكانيكية المؤثرة فى حركة العدو له أهمية كبيرة نظراً لدوره الهام فى تطوير مستوى الأداء، حيث يساعد المدربين على فهم خصائص ومحددات الأداء الحركى لسباقات العدو مما يساعد بدوره على تصميم تدريبات تتناسب مع طبيعة الأداء المهارى ومتطلباته مما يؤدى الى تطوير العوامل الحاسمة للأداء. (42)

وبالنظر الى المستوى الرقمى لسباق 400 متر على صعيد المستوى العالمى فان الرقم العالمى (43.03) ثانية والمسجل باسم اللاعب الجنوب أفريقى فان نيكريك عام 2016م بينما الرقم المصرى (46.08) ثانية المسجل باسم نافع مرسال منذ عام 1983م إلى أن جاء اللاعب أنس عبد السلام الذي يخضع لتدريب مكثف بالولايات المتحدة الامريكية بتحطيم الرقم المصرى (45.40) ثانية عام 2016م، بينما هناك تفاوت رقمى كبير بين المتسابقين المحليين وأيضاً بين المراحل السنية المختلفة بالرغم من الخضوع لبرامج تدريبية مكثفة وأحيانا تحت إشراف نفس المدرب، وأحياناً حصول بعض المتسابقين تحت 20 سنة على مستوى رقمى أفضل من متسابقى الدرجة الأولى فى بعض بطولات الجمهورية.

ونظرا لأن معظم الدراسات والبحوث التى تم اجراءاها على المتسابقين المحليين فى سباق 400 متر تناولت تطبيق بعض البرامج التدريبية والتعرف تأثيرها على الأداء أو مقارنة بعض المستويات المختلفة أو التعرف على بعض التغيرات التى تحدث بعد أداء السباق، وفى حدود علم الباحثين فإنه لا توجد بيانات كافية عن التغيرات التى تحدث خلال المراحل المختلفة فى سباق 400 متر عدو لدى المتسابقين وبين المراحل السنية المختلفة، ولذلك فان هذا البحث يعتبر محاولة لتوفير البيانات والتغيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية وتركيز الانزيمات العاملة والمتغيرات البيوميكانيكية أثناء مراحل السباق المختلفة لدى متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة لتقديمها للمدربين للاسهام فى بناء وتصميم البرامج التدريبية التى تعمل على تنمية وتطوير القدرات البدنية والفسيولوجية للمتسابقين للوصول الى المستويات العالية.

ومن خلال ما سبق يسعى الباحثون فى هذه الدراسة الى التعرف على توفير البيانات العلمية والتغيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية والبيوميكانيكية التى تحدث خلال مراحل سباق 400 متر والتى ربما ترجع الى العمر التدريبى أو استراتيجيات التدريب أو التكيف مع الاحمال البدنية لدى متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى سباق 400 متر عدو بجمهورية مصر العربية.

أهداف البحث :-

١. التعرف على المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة العدو لمتسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة خلال مراحل سباق 400 متر عدو.
٢. التعرف على التغيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية لمتسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة خلال مراحل سباق 400 متر عدو.

فروض البحث :-

٣. يوجد تباين فى المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة العدو بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة خلال مراحل سباق 400 متر عدو.
٤. يوجد تباين فى التغيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة خلال مراحل سباق 400 متر عدو.

إجراءات البحث :-

منهج البحث: تم استخدام المنهج الوصفى وذلك لملائمتة لطبيعة البحث.

مجالات البحث :-

- **المجال المكانى :** مضمار ألعاب القوى بكلية التربية الرياضية للبنين جامعة الاسكندرية.
- **المجال الزمنى :** تم إجراء البحث خلال الفترة من 23 الى 26 فبراير 2020م
- **المجال البشرى :** متسابقي 400 متر عدو بمنطقة الاسكندرية لألعاب القوى.

عينة البحث :-

تم إختيار عينة البحث بالطريقة العمدية لعدد (10) متسابقين 400 متر عدو من منطقة الاسكندرية لألعاب القوى وتم تصنيفهم بواقع عدد (6) متسابقين تحت 20 سنة، وعدد (4) متسابقين درجة أولى وقد تم مراعاة اختيار العينة أن يكونوا من المتسابقين المسجلين فى الاتحاد المصرى لألعاب القوى للهواة وممن شاركوا فى بطولات المنطقة والجمهورية خلال الفترة السابقة.

جدول (1) التوصيف الاحصائى فى القياسات الأساسية لعينة البحث من متسابقى 400 متر عدو

عينة البحث	القياسات	أقل قيمة	أعلى قيمة	المتوسط الحسابى	الانحراف المعيارى	معامل الالتواء	معامل الاختلاف
متسابقى تحت 20 سنة (ن = 6)	السن (سنة)	18	19	18.50	0.548	0.000	2.96
	الطول (سم)	171	186	179.17	5.115	0.386-	2.86
	الوزن (كجم)	66	77.1	69.58	3.936	1.785	5.66
	زمن 400 متر عدو (ثانية)	53.62	55.71	55.10	0.800	1.606-	1.45
متسابقى الدرجة الاولى (ن = 4)	السن (سنة)	21	24	22.50	1.732	0.000	7.70
	الطول (سم)	179	185	182.75	2.872	0.855-	1.57
	الوزن (كجم)	72.1	82	78.28	4.744	0.838-	6.06
	زمن 400 متر عدو (ثانية)	51.18	53.07	52.49	0.881	1.923-	1.68

يتضح من جدول (1) التوصيف الاحصائى لعينة البحث فى المتغيرات الأساسية حيث جاءت معاملات الإلتواء تقترب من الصفر ومعاملات الاختلاف جاءت بنسبة قليلة مما يدل على اعتدالية القيم وعدم التشتت وتجانس أفراد العينة لكل مرحلة (تحت 20 سنة ، الدرجة الاولى) من متسابقي 400 متر عدو.

قياسات البحث :-

1- **القياسات الأنثروبومترية:** السن (سنة)، الطول (سم)، الوزن (كجم)

2- **المتغيرات البيوميكانيكية:** زمن الارتكاز (ثانية)، زمن الطيران (ثانية)، زمن الخطوة (ثانية)، تردد الخطوة (خ/ث)، طول الخطوة (متر) ، متوسط سرعة الخطوة (م/ث)، زاوية ركبة الرجل الخلفية لحظة الدفع (درجة)، زاوية فخذ الرجل الحرة لحظة الدفع (درجة)، زاوية الارتقاء (درجة)، السرعة اللحظية لمركز ثقل الجسم لحظة لمس الأرض ولحظة الدفع (م/ث) (الأفقية، الرأسية، المحصلة)، متوسط سرعة 100متر الأولى والثانية والثالثة والرابعة (م/ث).

3- **القياسات الفسيولوجية والبيوكيميائية :** معدل النبض أثناء الراحة وبعد الأداء (نبضة/ق)، ضغط الدم الانقباضى والانبساطى (ملل زئبق)، تركيز حامض اللاكتيك فى الدم (mg/l)، تركيز انزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK وأنزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH (u/l).

3- **القياسات المهارية:** زمن 400 متر (ثانية)، زمن كل 100 متر (ثانية)، عدد خطوات سباق 400 متر (عدد).

أجهزة وأدوات البحث :-

رستاميتر لقياس الطول، ميزان طبى لقياس الوزن، شريط قياس 50 متر، أقماع بلاستيكية، ساعة ايقاف (01, من الثانية)، بطاقات تسجيل، عدد (5) كاميرا فيديو رقمية تردد 125 كادر/ثانية ماركة (SONY HDR-AS100V)، حوامل كاميرا، قلم ماركر، بلاستر طبي، سرنجات طبية لسحب عينات الدم، أنابيب اختبار لعينات الدم، صندوق مجهز لحفظ عينات الدم، جهاز لقياس الضغط والنبض،، جهاز كمبيوتر محمول ماركة DELL للتحليل البيوميكانيكي، برنامج التحليل الحركى (DartFish Software Team Pro 6).

الإجراءات التنفيذية لتطبيق البحث :-

تم تطبيق الدراسة الاساسية على عينة البحث خلال الفترة من 23 الى 26 فبراير 2020م، حيث قام الباحثان بالاتفاق مع عينة البحث والمساعدين بعد الحصول على الموافقة الإدارية للتصوير على مضمار العاب القوى بكلية التربية الرياضية للبنين وتحديد مواعيد القياسات على مدار أربعة أيام كالتالى :-

اليوم الأول : إجراء القياسات الأساسية وتصوير سباق 400 متر باستخدام عدد (5) كاميرات وقياس النبض وضغط الدم والحصول على عينات الدم بعد الانتهاء من عدو السباق مباشرة وتحديد أزمنة مقاطع 100 ، 200 ، 300 متر من زمن سباق 400 متر عدو.

اليوم الثانى : عدو مسافة 100 متر بنفس الزمن الذى يستغرقة المتسابق فى هذا المقطع من زمن السباق 400 متر ثم الحصول على عينة دم من المتسابق بعد العدو.

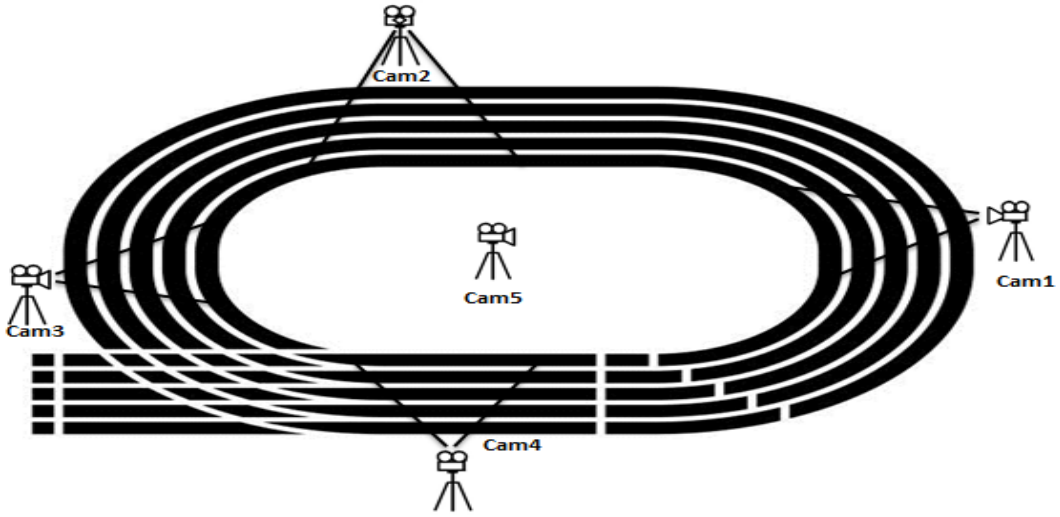
اليوم الثالث : عدو مسافة 200 متر بنفس الزمن الذى يستغرقة المتسابق فى هذا المقطع من زمن سباق 400 متر ثم الحصول على عينة دم من المتسابق بعد العدو.

اليوم الرابع : عدو مسافة 300 متر بنفس الزمن الذى يستغرقة المتسابق فى هذا المقطع من زمن سباق 400 متر ثم الحصول على عينة دم من المتسابق بعد العدو.

حيث قام الباحثان خلال قياسات البحث على مدار الأربعة أيام بالاستعانة بالمساعدين فى التصوير الحركى للسباق وسحب عينات الدم، وتم تجهيز المتسابقين وإجراء التصوير والقياسات قيد البحث وفقاً للخطوات التالية :-

١- **تجهيز المتسابقين :** يتم تسجيل البيانات الأساسية الخاصة بكل متسابق وقياس معدل النبض وضغط الدم أثناء الراحة ثم التجهيز المتسابق بوضع شريط لاصق لونة أبيض على جميع مفاصل اللاعب من الجانب الخارجي للجزء الايمن من الجسم والجانب الداخلي للجزء الايسر من الجسم ثم إعطاء زمن 15 دقيقة للإحماء.

٢- **إجراءات التصوير :** تم وضع كاميرات التصوير موزعة على خمسة أماكن حيث تم وضع أربعة كاميرات موزعة على مقاطع السباق بحيث يعدو المتسابق فى الحارة الأولى والكاميرا على يمين المتسابق (خارج المضمار) وتكون الكاميرا الاولى على بعد (75متر) من خط البداية والكاميرا الثانية على بعد (175متر) والكاميرا الثالثة على بعد (275متر) والكاميرا الرابعة على بعد (375متر) بحيث يكون مجال كل كاميرا (10 متر) وارتفاع منتصف العدسة عن الأرض (1.15 متر) وبُعد الكاميرا عن منتصف الحارة الأولى (10.75 متر)، اما الكاميرا الخامسة تم وضعها في منتصف الملعب بهدف التصوير المتحرك لجميع مراحل السباق، وتم استخدام مقياس للرسم بطول (1.22 متر) وتوزيع الكاميرات كما بالشكل (1).



شكل (1) توزيع وأماكن وضع كاميرات التصوير فى سباق 400 متر عدو

٣- **اجراءات سحب وتحليل عينات الدم :** تم الاستعانة بفنى متخصص لسحب عينات الدم حيث يقوم بإستخدام سرنجات معقمة تستخدم لمرة واحدة لسحب عينة دم 3 سم للمتسابق بعد 7 دقائق من الانتهاء من عدو سباق 400 متر فى اليوم الأول وكذلك بعد الانتهاء من عدو 100 ، 200 ، 300 متر فى الأيام اللاحقة، وحفظ عينة الدم فى أنبوب اختبار مخصص لكل متسابق ومدون عليه بياناته وحفظ الأنبوب فى صندوق حفظ العينات لحين الانتهاء ونقل العينات للتحليل بمعمل "البردينى" بمحافظة الاسكندرية لاستخراج تركيزات حامض اللاكتيك، وانزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK ولاكتيك ديهيدروجينيز LDH لكل متسابق وتم استلام نتائج التحليلات بعد 10 أيام من المعمل.

٤- **اجراءات التحليل الحركى :** بعد إنتهاء تصوير مقاطع سباق 400 متر عدو تم تفريغ فيديوهات التصوير من الكاميرات وتنزيلها على جهاز الكمبيوتر واخضاعها للتحليل الحركى باستخدام برنامج DartFish Software Team Pro 6 لإستخراج المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة العدو فى كل مقطع من مقاطع سباق 400 متر عدو.

المعالجات الإحصائية : تمت معالجة البيانات إحصائياً عن طريق الحاسب الآلى بإستخدام البرنامج الإحصائى SPSS PASW Statistics 20 للحصول على المعالجات الاحصائية التالية: المتوسط الحسابى، الإنحراف المعيارى، معامل الإلتواء، معامل الاختلاف، النسبة المئوية، اختبار "ت" الفروق.

عرض النتائج :-

جدول (2) دلالة الفروق بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة الجرى فى 100 متر الأولى لسباق 400 متر عدو

المتغيرات		الدرجة الأولى ن = 4		تحت 20 سنة ن = 6		الفرق	نسبة الفرق%	قيمة "ت" المحسوبة
		س-	±ع	س-	±ع			
زمن الارتكاز (ث)		0.135	0.01	0.130	0.02	0.005	3.85	0.59
زمن الطيران (ث)		0.150	0.01	0.150	0.01	0.000	0.00	0.00
زمن الخطوة (ث)		0.285	0.02	0.280	0.02	0.005	1.79	0.42
تردد الخطوة (خ/ث)		3.52	0.24	3.58	0.23	0.06-	1.75	0.41-
طول الخطوة (م)		2.42	0.16	2.18	0.11	0.24	11.12	*2.70
متوسط سرعة الخطوة (م/ث)		8.50	0.06	7.80	0.36	0.70	9.02	**4.73
زاوية ركبة الرجل الخلفية لحظة الدفع (درجة)		161.06	1.53	166.39	6.19	5.33-	3.20	2.02-
زاوية فخذ الرجل الحرة مع الجذع لحظة الدفع (درجة)		101.58	11.97	111.07	13.61	9.49-	8.54	1.16-
زاوية الارتقاء (درجة)		55.00	1.41	54.17	4.96	0.83	1.54	0.39
السرعة اللحظية لمركز ثقل الجسم لحظة لمس الأرض (م/ث)	الأفقية	9.63	0.25	8.17	0.68	1.46	17.86	**4.77
	الرأسية	1.06	0.13	0.75	0.42	0.31	41.67	1.72
	المحصلة	9.68	0.26	8.21	0.71	1.48	17.98	**4.65
السرعة اللحظية لمركز ثقل الجسم لحظة الدفع (م/ث)	الأفقية	9.75	0.29	8.92	0.38	0.83	9.35	**3.95
	الرأسية	0.94	0.31	1.08	0.20	0.15-	13.46	0.82-
	المحصلة	9.80	0.29	8.98	0.36	0.81	9.06	**3.98

***معنوية "ت" الجدولية عند مستوى 0.05 = 2.306 ، **عند مستوى 0.01 = 3.355**

يتضح من جدول (2) وجود فروق ذات دلالة معنوية فى قيمة "ت" المحسوبة بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى متغيرات (طول الخطوة، ومتوسط سرعة الخطوة، والسرعة الافقية والمحصلة لمركز ثقل الجسم لحظة لمس الأرض ولحظة الدفع) وتراوحت نسبة الفرق ما بين (1.54% : 41.67%) لصالح متسابقى الدرجة الأولى فى معظم المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة الجرى فى 100 متر الأولى لسباق 400 متر عدو.

جدول (3) دلالة الفروق بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة الجرى فى 100 متر الثانية لسباق 400 متر عدو

المتغيرات		الدرجة الأولى ن = 4		تحت 20 سنة ن = 6		الفرق	نسبة الفرق%	قيمة "ت" المحسوبة
		س-	±ع	س-	±ع			
زمن الارتكاز (ث)		0.133	0.02	0.135	0.02	0.001-	1.05	0.10-
زمن الطيران (ث)		0.169	0.02	0.149	0.01	0.021	13.80	*2.15
زمن الخطوة (ث)		0.302	0.04	0.283	0.02	0.019	6.74	0.94
تردد الخطوة (خ/ث)		3.35	0.42	3.55	0.28	0.20-	5.70	0.85-
طول الخطوة (م)		2.38	0.19	2.15	0.06	0.22	10.41	*2.29
متوسط سرعة الخطوة (م/ث)		7.90	0.44	7.64	0.55	0.26	3.46	0.84
زاوية ركبة الرجل الخلفية لحظة الدفع (درجة)		171.89	5.25	166.35	5.79	5.53	3.33	1.57
زاوية فخذ الرجل الحرة لحظة الدفع (درجة)		108.10	19.85	105.06	8.40	3.04	2.90	0.29
زاوية الارتقاء (درجة)		54.50	2.38	58.50	3.83	4.00-	6.84	2.03-
السرعة اللحظية لمركز ثقل الجسم لحظة لمس الأرض (م/ث)	الأفقية	9.22	0.60	7.50	0.68	1.72	22.92	**4.20
	الرأسية	1.09	0.31	1.20	0.50	0.10-	8.70	0.40-
	المحصلة	9.29	0.57	7.61	0.67	1.68	22.06	**4.27
السرعة اللحظية لمركز ثقل الجسم لحظة الدفع (م/ث)	الأفقية	9.69	0.36	8.65	0.26	1.04	12.05	**5.00
	الرأسية	1.31	0.13	1.09	0.38	0.22	20.00	1.30
	المحصلة	9.78	0.37	8.72	0.25	1.05	12.09	**5.01

***معنوية "ت" الجدولية عند مستوى 0.05 = 2.306 ، **عند مستوى 0.01 = 3.355**

يتضح من جدول (3) وجود فروق ذات دلالة معنوية فى قيمة "ت" المحسوبة بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى متغيرات (زمن الطيران، طول الخطوة، والسرعة الافقية والمحصلة لمركز ثقل الجسم لحظة لمس الأرض ولحظة الدفع) وتراوحت نسبة الفرق ما بين (1.05% : 22.92%) لصالح متسابقى الدرجة الأولى فى معظم المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة الجرى فى 100 متر الثانية لسباق 400 متر عدو.

جدول (4) دلالة الفروق بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة الجرى فى 100 متر الثالثة لسباق 400 متر عدو

المتغيرات		الدرجة الأولى ن = 4		تحت 20 سنة ن = 6		الفرق	نسبة الفرق%	قيمة "ت" المحسوبة
		س-	±ع	س-	±ع			
زمن الارتكاز (ث)		0.134	0.02	0.148	0.01	0.014-	9.56	1.37-
زمن الطيران (ث)		0.165	0.02	0.145	0.01	0.020	13.53	1.54
زمن الخطوة (ث)		0.299	0.04	0.294	0.02	0.006	1.87	0.25
تردد الخطوة (خ/ث)		3.39	0.48	3.42	0.24	0.03-	0.78	0.10-
طول الخطوة (م)		2.13	0.06	2.02	0.14	0.11	5.23	1.67
متوسط سرعة الخطوة (م/ث)		7.20	0.85	6.90	0.33	0.31	4.46	0.69
زاوية ركبة الرجل الخلفية لحظة الدفع (درجة)		165.05	3.48	167.77	8.96	2.71-	1.62	0.67-
زاوية فخذ الرجل الحرة لحظة الدفع (درجة)		101.02	15.77	105.46	17.41	4.44-	4.21	0.42-
زاوية الارتقاء (درجة)		55.00	2.45	57.50	4.51	2.50-	4.35	1.13-
السرعة اللحظية لمركز ثقل الجسم لحظة لمس الأرض (م/ث)	الأفقية	7.66	0.31	6.98	0.47	0.68	9.70	*2.73
	الرأسية	0.70	0.16	0.73	0.26	0.03-	3.57	0.20-
	المحصلة	7.69	0.33	7.02	0.49	0.67	9.53	*2.60
السرعة اللحظية لمركز ثقل الجسم لحظة الدفع (م/ث)	الأفقية	8.91	0.31	7.92	0.65	0.99	12.50	*3.23
	الرأسية	1.72	0.31	1.25	0.40	0.47	37.50	2.09
	المحصلة	9.07	0.33	8.02	0.63	1.05	13.09	*3.44

***معنوية "ت" الجدولية عند مستوى 0.05 = 2.306 ، **عند مستوى 0.01 = 3.355**

يتضح من جدول (4) وجود فروق ذات دلالة معنوية فى قيمة "ت" المحسوبة بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى متغيرات (السرعة الافقية والمحصلة لمركز ثقل الجسم لحظة لمس الأرض ولحظة الدفع) وتراوحت نسبة الفرق ما بين (0.78% : 37.50%) لصالح متسابقى الدرجة الأولى فى معظم المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة الجرى فى 100 متر الثالثة لسباق 400 متر عدو.

جدول (5) دلالة الفروق بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة الجرى فى 100 متر الرابعة لسباق 400 متر عدو

المتغيرات		الدرجة الأولى ن = 4		تحت 20 سنة ن = 6		الفرق	نسبة الفرق%	قيمة "ت" المحسوبة
		س-	±ع	س-	±ع			
زمن الارتكاز (ث)		0.145	0.01	0.177	0.02	0.032-	17.92	**4.00-
زمن الطيران (ث)		0.160	0.02	0.133	0.03	0.027	20.00	1.66
زمن الخطوة (ث)		0.305	0.02	0.310	0.04	0.005-	1.61	0.28-
تردد الخطوة (خ/ث)		3.29	0.21	3.26	0.35	0.03	0.85	0.15
طول الخطوة (م)		1.95	0.08	1.81	0.19	0.14	7.67	1.62
متوسط سرعة الخطوة (م/ث)		6.41	0.35	5.87	0.42	0.54	9.27	2.23
زاوية ركبة الرجل الخلفية لحظة الدفع (درجة)		167.65	1.58	167.13	7.19	0.52	0.31	0.17
زاوية فخذ الرجل الحرة لحظة الدفع (درجة)		106.28	13.51	118.13	21.85	11.85-	10.03	1.06-
زاوية الارتقاء (درجة)		55.00	3.37	54.67	4.13	0.33	0.61	0.14
السرعة اللحظية لمركز ثقل الجسم لحظة لمس الأرض (م/ث)	الأفقية	6.75	0.29	6.50	0.45	0.25	3.85	1.07
	الرأسية	0.88	0.25	0.96	0.40	0.08-	8.70	0.40-
	المحصلة	6.81	0.27	6.58	0.40	0.23	3.46	1.07
السرعة اللحظية لمركز ثقل الجسم لحظة الدفع (م/ث)	الأفقية	7.13	0.25	6.50	0.00	0.63	9.62	**5.00
	الرأسية	1.38	0.25	1.25	0.42	0.13	10.00	0.59
	المحصلة	7.26	0.26	6.63	0.07	0.63	9.50	**4.69

***معنوية "ت" الجدولية عند مستوى 0.05 = 2.306 ، **عند مستوى 0.01 = 3.355**

يتضح من جدول (5) وجود فروق ذات دلالة معنوية فى قيمة "ت" المحسوبة بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى متغيرات (زمن الارتكاز، السرعة الافقية والمحصلة لمركز ثقل الجسم لحظة الدفع) وتراوحت نسبة الفرق ما بين (0.31% : 20%) لصالح متسابقى الدرجة الأولى فى معظم المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة الجرى فى 100 متر الأخيرة لسباق 400 متر عدو.

جدول (6) دلالة الفروق بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى المتغيرات البيوميكانيكية لسباق 400 متر عدو

القياسات		الدرجة الأولى ن = 4		تحت 20 سنة ن = 6		الفرق	نسبة الفرق%	قيمة "ت" المحسوبة
		س-	±ع	س-	±ع			
الزمن (ثانية)	100 متر الأولى	12.82	0.21	12.81	0.39	0.00	0.03	0.02
	100 متر الثانية	12.25	0.18	12.59	0.57	0.34-	2.70	1.36-
	100 متر الثالثة	13.37	0.31	14.09	0.45	0.72-	5.13	*2.99-
	100 متر الرابعة	14.06	0.20	15.62	0.73	1.55-	9.94	**4.91-
	سباق 400 متر	52.49	0.88	55.10	0.80	2.61-	4.74	**4.76-
عدد الخطوات (عدد)	100 متر الأولى	45.25	1.89	48.42	2.11	3.17-	6.54	*2.48-
	100 متر الثانية	41.88	1.89	44.83	2.04	2.96-	6.60	*2.35-
	100 متر الثالثة	44.38	2.14	47.83	2.93	3.46-	7.23	2.16-
	100 متر الرابعة	46.25	1.89	51.17	3.46	4.92-	9.61	*2.89-
	سباق 400 متر	177.75	7.79	192.25	10.27	14.50-	7.54	*2.53-
متوسط السرعة (م/ث)	100 متر الأولى	7.80	0.13	7.81	0.24	0.01-	0.09	0.06-
	100 متر الثانية	8.17	0.12	7.96	0.36	0.21	2.62	1.30
	100 متر الثالثة	7.48	0.18	7.10	0.22	0.38	5.36	*3.01
	100 متر الرابعة	7.11	0.10	6.42	0.29	0.70	10.86	**5.32
	سباق 400 متر	7.62	0.13	7.26	0.11	0.36	4.98	**4.61
متوسط طول الخطوة (متر)	100 متر الأولى	2.21	0.09	2.07	0.09	0.14	6.96	*2.48
	100 متر الثانية	2.39	0.10	2.23	0.10	0.16	7.04	*2.35
	100 متر الثالثة	2.26	0.10	2.10	0.13	0.16	7.64	2.16
	100 متر الرابعة	2.16	0.09	1.96	0.13	0.20	10.34	*2.93
	سباق 400 متر	2.25	0.10	2.09	0.11	0.17	8.05	*2.54
متوسط تردد الخطوة (عدد)	100 متر الأولى	3.53	0.14	3.78	0.21	0.25-	6.65	2.21-
	100 متر الثانية	3.42	0.15	3.57	0.24	0.15-	4.18	1.20-
	100 متر الثالثة	3.32	0.18	3.40	0.21	0.07-	2.20	0.61-
	100 متر الرابعة	3.29	0.12	3.28	0.15	0.01	0.38	0.15
	سباق 400 متر	3.39	0.15	3.49	0.17	0.10-	2.91	1.01-

***معنوية "ت" الجدولية عند مستوى 0.05 = 2.306 ، **عند مستوى 0.01 = 3.355**

يتضح من جدول (6) وجود فروق ذات دلالة معنوية فى قيمة "ت" المحسوبة بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى الزمن فى (100 متر الثالثة والرابعة وزمن السباق)، عدد الخطوات فى (100 متر الأولى والثانية والثالثة وكامل السباق)، متوسط السرعة فى (100 متر الثالثة والرابعة وكامل السباق)، متوسط طول الخطوة فى (100 متر الأولى والثانية والرابعة وكامل السباق) وتراوحت نسبة الفرق ما بين (0.03% : 10.86%) لصالح متسابقى الدرجة الأولى فى معظم المتغيرات البيوميكانيكية لسباق 400 متر عدو.

جدول (7) دلالة الفروق بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى المتغيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية لسباق 400 متر عدو

القياسات		الدرجة الأولى ن = 4		تحت 20 سنة ن = 6		الفرق	نسبة الفرق%	قيمة "ت" المحسوبة
		س-	±ع	س-	±ع			
ضغط الدم (ملل زئبق)	الانقباضي	113.75	4.79	120.00	8.94	6.25-	5.21	1.43-
	الانبساطي	71.25	2.50	73.33	5.16	2.08-	2.84	0.85-
معدل النبض (نبضة/ق)	أثناء الراحة	71.00	0.82	72.50	8.22	1.50-	2.07	0.44-
	بعد المجهود مباشرة	170.00	4.00	166.00	12.59	4.00	2.41	0.73
	بعد المجهود 1 دقيقة	153.00	6.00	155.00	19.99	2.00-	1.29	0.23-
	بعد المجهود 2 دقيقة	138.00	6.93	141.00	16.19	3.00-	2.13	0.40-
	بعد المجهود 3 دقيقة	130.00	11.55	137.00	16.67	7.00-	5.11	0.78-
	بعد المجهود 4 دقيقة	125.00	10.52	130.67	14.46	5.67-	4.34	0.72-
انزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK (u/l)	أثناء الراحة	368.50	81.80	359.33	129.13	9.17	2.55	0.14
	بعد 100 متر	336.50	70.05	387.00	114.80	50.50-	13.05	0.86-
	بعد 200 متر	412.00	67.44	585.83	191.51	173.83-	29.67	2.04-
	بعد 300 متر	467.00	81.27	766.67	193.16	299.67-	39.09	*3.38-
	بعد سباق 400 متر	375.00	70.68	713.67	240.69	338.67-	47.45	*3.24-
انزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH (u/l)	أثناء الراحة	332.00	44.33	347.33	89.55	15.33-	4.41	0.36-
	بعد 100 متر	351.00	60.05	347.83	75.66	3.17	0.91	0.07
	بعد 200 متر	525.00	180.73	432.67	106.65	92.33	21.34	0.92
	بعد 300 متر	646.25	241.62	561.00	106.98	85.25	15.20	0.66
	بعد سباق 400 متر	443.00	84.61	494.67	157.52	51.67-	10.44	0.67-
تركيز حامض اللاكتيك (mg/l)	أثناء الراحة	15.75	10.21	14.83	4.67	0.92	6.18	0.17
	بعد 100 متر	19.50	5.45	21.00	4.56	1.50-	7.14	0.45-
	بعد 200 متر	61.50	1.00	68.33	5.32	6.83-	10.00	*3.07-
	بعد 300 متر	121.25	6.08	125.33	6.65	4.08-	3.26-	1.00-
	بعد سباق 400 متر	127.00	8.12	117.83	6.82	9.17	7.78	1.86

***معنوية "ت" الجدولية عند مستوى 0.05 = 2.306 ، **عند مستوى 0.01 = 3.355**

يتضح من جدول (7) وجود فروق ذات دلالة معنوية فى قيمة "ت" المحسوبة بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة فى تركيزانزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK بعد (300 متر، سباق 400 متر)، تركيز حامض اللاكتيك بعد (200 متر ، سباق 400 متر) وتراوحت نسبة الفرق ما بين (0.91% : 47.45%) لصالح متسابقى الدرجة الأولى فى معظم المتغيرات المتغيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية لسباق 400 متر عدو.

مناقشة النتائج :-

يتضح من جدول (2، 3، 4، 5، 6) المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة العدو فى سباق 400 متر حيث يعتمد متسابقى الدرجة الاولى وتحت 20 سنة على استراتيجية واحدة خلال عدو السباق والتى تعتمد على أفضل زمن فى 100 متر الثانية يليها الاولى ثم الثالثة والرابعة حيث جاء متوسط زمن 400 متر 52.49 ثانية لمتسابقى الدرجة الاولى ومتوسط أزمنة مقاطع العدو (12.82، 21.25، 13.37، 14.06 ثانية) على التوالى ومتوسط السرعة (7.80، 8.17، 7.48، 7.11 م/ث) بينما متسابقى تحت 20 سنة جاء متوسط زمن السباق 55.10 ثانية ومتوسط أزمنة مقاطع العدو (12.81، 12.59، 14.09، 15.62 ثانية) ومتوسط السرعة (7.81، 7.96، 7.10، 6.42 م/ث)، حيث قطع متسابقى الدرجة الاولى السباق بعدد أقل من الخطوات ومتوسط طول خطوة أفضل خلال 100 متر الثانية يليها الثالثة ثم الاولى والرابعة، أما متسابقى تحت 20 سنة تميزت بمتوسط أعلى فى تردد الخطوة فى سباق 400 متر عدو.

وتتفق تلك النتائج مع نتائج متسابقى 400 متر عدو ببطولة برلين 2009م حيث تنوعت أزمنة مقاطع السباق لدى المتسابقين وجاء أفضل زمن للمتسابقين فى 100 متر الثانية ثم تنوعت تانى أفضل الازمنة ما بين 100 متر الثالثة والأولى وجاءت 100 متر الأخيرة بأطول زمن خلال السباق (24 : 14) وفى تحليل الاتحاد الدولى لألعاب القوى لنتائج دورة الألعاب الأولمبية في أثينا جاء انخفاض السرعة فى نهاية سباق 400 متر أكبر من 20% لدى الرجال والسيدات (47) ويتميز عدائى المستوى العالمي بإستراتيجية سرعة أكثر من العدائين الأقل مستوى، وأن انخفاض السرعة فى الجزء الأخير من السباق يرجع فى المقام الأول إلى طول الخطوة (عند 200-300 متر من السباق) ولكل من طول وتردد الخطوة (عند 300-350 م) وتردد الخطوة في آخر 50 متر من السباق. (25)

وبالرغم من اعتماد متسابقى الدرجة الاولى وتحت 20 سنة على نفس استراتيجية سرعة العدو فى مقاطع السباق مع مراعاة التفاوت فى المستوى الرقمى والسرعة وتردد وطول الخطوة إلا أن هناك اختلافات عديدة ظهرت فى المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة العدو خلال المقاطع الاربعة لسباق 400 متر عدو.

حيث تميز متسابقى الدرجة الأولى خلال 100 متر الأولى فى السباق بسرعة عالية ظهرت من خلال متغيرات الخطوة التى زاد زمنها ليلبغ 0.285 ثانية وزمن الارتكاز 0.135 ثانية وسرعتها 7.20 م/ث وأعتمد المتسابقين على الدفع بقوة عالية وسرعة أفقية ورأسية كبيرة وزاوية ارتقاء مناسبة 55 درجة مما يعود على طول الخطوة الذى يبلغ 2.42 متر، بينما اعتمد متسابقى تحت 20 سنة على تردد الخطوة 3.58 خ/ثانية والذى أثر على زمن الخطوة وزمن الارتكاز 0.130 ثانية بالرغم من الدفع بسرعة رأسية عالية وزاوية ارتقاء 45.17 درجة الا أن سرعة الخطوة 7.80 م/ث مما أثر على طول الخطوة 2.18 متر خلال 100 متر الأولى من سباق 400 متر.

وفى 100 متر الثانية التى يعدو فيها المتسابقين فى المستقيم اعتمد متسابقى الدرجة الأولى على المحافظة على طول وسرعة الخطوة بزيادة زمن الطيران 0.169 ثانية وتقليل زمن الارتكاز 0.133 ثانية نسبياً مع الدفع بقوة أكبر وسرعة أفقية ورأسية مناسبة مع فرد ركبة رجل

الارتقاء بزاوية ارتقاء 54.5 درجة، بينما متسابقى تحت 20 سنة اعتمدوا على تردد الخطوة أكثر مع زيادة زمن الارتكاز 0.135 ثانية مما أدى الى الدفع بسرعة رأسية أقل بالرغم من زيادة زاوية الارتقاء 58.5 درجة والمحافظة على سرعة الخطوة خلال 100 متر الثانية من سباق 400 متر.

وفى 100 متر الثالثة يتم العدو فى المنحنى الثانى حيث يزيد زمن الخطوة بشكل أكبر لدى المتسابقين، وأعتمد متسابقى الدرجة الأولى على المحافظة على السرعة وطول الخطوة حيث بلغت 2.13 متر من خلال زيادة فترة طيران الخطوة 0.165 ثانية والدفع بزاوية ارتقاء مناسبة 55 درجة وزيادة سرعة الدفع حيث زاد الفرق بين سرعة مركز ثقل الجسم لحظة الدفع عن الارتكاز ويدل ذلك على امتلاك قوة تمكنهم من مواصلة العدو بسرعة مناسبة خلال السباق، بينما متسابقى تحت 20 سنة زاد لديهم زمن الخطوة خاصة زمن الارتكاز بشكل كبير 0.148 ثانية بالمقارنة بزمن الطيران 0.145 ثانية مع المحافظة على تردد الخطوة 3.42 خ/ث والدفع بزاوية ارتقاء كبيرة نسبياً 57.50 درجة مما يعود بالسلب على السرعة الافقية خلال 100 متر الثالثة من سباق 400 متر.

أما فى 100 متر الرابعة والأخيرة انخفضت السرعة بشكل كبير لدى المتسابقين حيث زاد زمن الخطوة 0.310 ثانية وقل زمن الطيران 0.133 ثانية وزاد زمن ارتكاز 0.177 ثانية بشكل ملحوظ لدى متسابقى تحت 20 سنة وقلت قوة الدفع من خلال انخفاض سرعة مركز ثقل الجسم الأفقية والمحصلة وبالتالى قل طول وتردد وسرعة الخطوة بشكل أكبر من متسابقى الدرجة الاولى اللذين أعتمدوا على زمن خطوة مناسب نسبيا بزمن ارتكاز 0.145 ثانية أقل من زمن الطيران 0.160 ثانية للمحافظة على طول الخطوة 1.95 متر والتردد 3.29 خ/ث والدفع بزاوية مناسبة مع فرد الركبة بزاوية كبيرة 167.65 درجة والدفع بسرعة أفقية ورأسية مناسبة للوصول الى خط النهاية بزمن أفضل فى سباق 400 متر عدو.

وبذلك يتضح أن متسابقى الدرجة الأولى يمتلكون القدرة الأفضل فى الحفاظ على السرعة وطول الخطوة من خلال الدفع بزاوية مناسبة وزمن ارتكاز يتناسب مع زمن طيران الخطوة والمحافظة على تردد الخطوة المناسب خلال الجزء الأخير من السباق، بينما متسابقى تحت 20 سنة أعتمدوا على تردد الخطوة الأعلى خلال أول 300 متر من السباق مما أدى الى الإجهاد وانخفاض كبير فى السرعة وتردد وطول الخطوة فى الجزء الأخير من السباق، وبالتالى يتضح أن متسابقى الدرجة الأولى يعتمدون على اقتصادية العدو بشكل أفضل نتيجة للخبرة الكبيرة وأن العامل الحاسم فى السباق هى طول الخطوة وزمن الارتكاز خلال مراحل سباق 400 متر عدو.

حيث يتطلب الأداء الجيد في هذا السباق الى كفاءة تكنيك العدو وبالتالي فإن التحليل الحركى البيوميكانيكى خلال السباق يوفر معلومات مفيدة لتحسين الأداء، ومن أهم العوامل التى تؤثر بقوة على أداء العدو هى سرعة العدو، وتردد وطول الخطوة، وزمن الاتصال والطيران فى الخطوة (7) (21) (26) وتلك المتغيرات تنقص تحت التعب الذي يكون عاملاً مقيدًا للأداء فى سباق 400 متر. (29)

ويعتبر الانخفاض الملحوظ في متوسط سرعة الجري بعد أول 100 متر (47) يرجع الى متوسط طول وتردد الخطوة والذى يرتبط بدرجة كبيرة بمتوسط السرعة فى سباق 400 متر عدو (46) وهناك نتائج تتعارض مع تلك النتائج فى أن الاجهاد من العدو يؤثر بشكل أساسي على

طول الخطوة بدلاً من تردد الخطوة فى سباق 400 متر عدو (48)، (58) حيث أن متوسط طول الخطوة ينخفض خلال الجزء الأخير من السباق ويحاول المتسابقون الحفاظ على متوسط طول الخطوة ثابتًا على حساب الانخفاض الحاد في متوسط تردد الخطوة (29) وبالتالى فان انخفاض السرعة يكون ناتج عن انخفاض في تردد الخطوة وطولها. (25)

ويعتبر طول الرجل وارتفاع مركز ثقل الجسم الخاص بالارتقاء والسرعة الرأسية لمركز ثقل الجسم هم المصادر الممكنة للتفاعل السلبي بين طول وتردد الخطوة، ولتحقيق معدلات عالية جدا لكل من تردد وطول الخطوة بواسطة صفوة العدائين بتكنيك يشمل سرعة افقية عالية وسرعة رأسية قليلة خاصة بالارتقاء (31) وتكون الحاجة إلى أداء ثني واسع لمفصل الفخذ اثناء كل مرحلة طيران من أجل محاولة الوصول الي ما يسميه المدربون بوضع الفخذ العالي. (19)

وهناك علاقة قوية بين متوسط القوة الكلية الناتجة في مرحلة الدفع والسرعة وأيضا بين القوة الدافعة وطول الخطوة (32) وبذلك يبدو أن طول الخطوة بدلاً من التردد هو المتغير والمؤشر التمييزى بين مستويات الأداء (25) وأن طول الخطوة مرتبط بالقوة التي تحدث أثناء مرحلة الدفع (42)

لذلك فان أحد الاختلافات الرئيسية فى سباق 400 متر بين العدائين النخبة والأقل مستوى يتعلق بإنتاج القوة أثناء أوقات الاتصال بالأرض فى الخطوة (25) حيث يحدث في مرحلة الارتكاز نقص للسرعة لدى صفوة العدائين بنسبة 2-3 % في حين تزيد النسبة لدى العدائين الاقل في فاقد السرعة بنسبة 5-6 % ولتحقيق سرعة اكبر يجب تقليل زمن الارتكاز مع زيادة القوة الدافعة (52) وأن قدرة العداء على تقليل قوى الفرملة الافقية وزيادة قوى الدفع هي عنصر أساسي وحيوي في حسم السباق (22) وبذلك يتميز العدائون النخبة أن لديهم القدرة على العدو بسرعة عالية لمسافة 200 متر والاعتماد على طول الخطوة والقدرة الفسيولوجية والنفسية على العدو تحت التعب باستراتيجية أفضل بسبب الخبرة (25)

ومما سبق يتضح لنا الاختلافات بين متسابقى الدرجة الاولى وتحت 20 سنة فى استراتيجية العدو ومتغيرات خطوة العدو وبذلك يتحقق صحة فرض البحث الأول عن وجود تباين فى المتغيرات البيوميكانيكية لخطوة العدو بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة خلال مراحل سباق 400 متر عدو

ويتضح من جدول (7) المتغيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية للمتسابقين خلال مراحل سباق 400 متر عدو حيث تميز متسابقى الدرجة الأولى بانخفاض ضغط الدم الانقباضى والانبساطى ومعدل نبض القلب أثناء الراحة مما يدل على تكيف الأجهزة الحيوية نتيجة التدريب الرياضى ويدل على كفاءة الجهاز الدورى لدى المتسابقين.

حيث يتضح من النتائج أن معدل النبض بعد السباق كان مرتفع لدى متسابقى الدرجة الأولى عن تحت 20 سنة بنسبة 2.41% مما يدل على المجهود العالى خلال السباق، وجاء انخفاض معدل النبض والعودة إلى الحالة الطبيعية خلال الأربعة دقائق بعد السباق لدى متسابقى الدرجة الاولى كان أسرع وبمعدل انخفاض (17، 15، 8، 5 نبضة/دقيقة) على التوالى بينما متسابقى تحت 20 سنة انخفض النبض بمعدل (11، 14، 4، 6.3 نبضة/دقيقة) وبذلك يتميز متسابقى

الدرجة الاولى بمعدل نبض أقل بنسبة 4.34% من متسابقى تحت 20 سنة بعد أداء سباق 400 متر عدو.

حيث يقود التدريب البدنى المنتظم الى التكيف الفسيولوجى وتغيرات وظيفية إيجابية للعديد من أجهزة الجسم المختلفة بما فى ذلك القلب والأوعية الدموية ويظهر ذلك فى كفاءة القلب وانخفاض معدل ضربات القلب فى الراحة، وضغط الدم الذى يمثل القوة المؤثرة فى الشرايين نتيجة لاندفاع الدم من القلب الذى يتم التحكم فيه من خلال الجهاز العصبى السمبثاوى ويعتمد على حجم الدم ومعدل جريانه فى الأوعية الدموية ويتأثر بالجهد البدنى. (6 : 377- 382)

ويعتبر إنخفاض معدل النبض هو المتغير الأكثر ثباتا وإرتباطا بالتدريب الرياضى سواء أثناء الراحة أو المجهود البدنى (41) والانتظام فى التدريب الرياضي يؤدى الي انخفاض معدل نبض الراحة كنتيجة لزيادة قوة وسعة البطينين لضخ المزيد من الدم في الضربة الواحدة (حجم ضربة القلب) (5 : 160)

ومعدل ضربات القلب يعتبر مؤشر فسيولوجي مهم يسهل قياسه أثناء الاختبارات (11) ويعتبر منحنى معدل نبض الاستشفاء وسيلة ممتازة للحكم على تحسن الحالة الوظيفية ومدى تقدم البرامج التدريبية (8) وبعد المجهود البدنى يعود معدل النبض إلى الطبيعى رويدا رويدا ويستغرق من 2-5 دقائق، والوقت الذى يستغرقة القلب للعودة للحالة الطبيعية يسمى نبض الإستشفاء (30 : 54) ويعتبر طول أوقصر الفترة الزمنية التى يستغرقها القلب للعودة إلى حالتة الطبيعية عاملا مؤثرا فى الحكم على حالة القلب ولذلك فإنة يستخدم كموشر للياقة الجهازين الدورى والتنفسى. (3 : 88)

ويتضح من جدول (7) أن تركيز انزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK جاء مرتفع أثناء الراحة لدى متسابقى الدرجة الأولى بنسبة 2.55% عن متسابقى تحت 20 سنة وهو الأنزيم المسئول عن تكسير الفوسفوكرياتين PC فى الجسم وتحويلة الى ATP وأوضحت النتائج أن تركيز الانزيم يرتفع بزيادة المسافة حيث تدرج التركيز خلال مراحل السباق بعد (100، 200، 300، 400 متر) بزيادة الفرق (32، 75.5، 55، 92) لدى متسابقى الدرجة الأولى، بينما متسابقى تحت 20 سنة تدرجت الزيادة بفرق (27.7، 198.8، 180.8، 53) وتصل الزيادة بعد سباق 400 متر بنسبة 47.45% لدى متسابقى تحت 20 سنة عن الدرجة الأولى.

وتوضح تلك النتائج الزيادة الكبيرة فى تركيز انزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK لدى متسابقى تحت 20 سنة بعد 200 متر تؤكد الانخفاض الشديد فى مصادر انتاج الطاقة اللاهوائية من الفوسفوكرياتين PC ويرتبط ذلك مع الانخفاض فى السرعة خلال النصف الثانى من السباق بينما متسابقى الدرجة الأولى جاءت زيادة تركيز الانزيم متدرجة نتيجة لاتباع استراتيجية اقتصادية العدو بتنظيم خطوة العدو خلال مراحل سباق 400 متر عدو.

وهو أنزيم يتواجد فى العضلات والدماغ ونسيج الفقرات ويحفز التحويل العكسى للأدينوسين ثنائي الفوسفات ADP مع كرياتين الفوسفات PC إلى أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP والكرياتين في الأنسجة التي تستهلك ثلاثي فوسفات الأدينوسين ATP سريعاً مثل العضلات الهيكلية، يكون دور كرياتين الفوسفات بمثابة خزان طاقة، للتخزين المؤقت السريع ولتجديد أدينوسين ثنائي الفوسفات ADP في موضعه ونقل الطاقة داخل الخلايا. (55)

وأن مستويات أنزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK تزداد بعد التدريب وهناك عوامل عديدة تؤثر على ارتفاع نسبته بالدم خاصة طول وشدة التدريب فالمعدل الطبيعي يكون أقل من 200 وحدة/لتر بينما قد تصل في بعض الرياضات لأكثر من 200 الف وحدة/لتر (18) وتركيز الانزيم يكون قليل بالدم اثناء الراحة وهذا ناتج عن تكسير وبناء الخلايا داخليا بينما بعد التدريب الشديد يزداد التركيز بشكل كبير جداً. (14)

ونوعية التدريب تؤثر على مستوى تركيز انزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK بالدم (9) وأن أعلى مستوى للكرياتين كينيز يتم تسجيله عقب المجهود مباشرة بنسبة زيادة تقدر ب32% عن الراحة للاشخاص المدربين (36) حيث يزيد تركيز انزيم الكرياتين كينيز بالدم لدى العدائين المدربين جيداً عنه عن غير المدربين عقب المجهود البدني وأن اكبر مؤثر تدريبي على زيادة الأنزيم هو تدريبات الشدة العالية والمدة الطويلة وتدريبات الاثقال. (39 : 577)

ويتضح من جدول (7) أن تركيز انزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH جاء مرتفع أثناء الراحة لدى متسابقى تحت 20 سنة بنسبة 4.41% عن متسابقى الدرجة الأولى وهو الأنزيم المساعد خلال دورة التخلص من حامض اللاكتيك فى الجسم وتحويله إلى ATP وأوضحت النتائج أن تركيز الانزيم يرتفع بزيادة المسافة حيث تدرج التركيز بزيادة الفرق (19، 174، 121.3، 203.3) لدى متسابقى الدرجة الأولى، بينما متسابقى تحت 20 سنة تدرجت الزيادة الفرق (0.50، 84.8، 128.3، 66.3) وتصل الزيادة بعد سباق 400 متر بنسبة 10.44% لدى متسابقى تحت 20 سنة عن الدرجة الأولى.

وتوضح تلك النتائج الزيادة الكبيرة فى تركيز انزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH لدى متسابقى الدرجة الأولى بزيادة مسافة العدو تؤكد القدرة العالية للمتسابقين على الأداء خلال النظام اللاكتيكى والاستفادة من حامض اللاكتيك فى انتاج الطاقة أفضل من متسابقى تحت 20 سنة، وفى نهاية السباق يتضح الاستفادة من الطاقة الهوائية التى تمثل حوالى نسبة (15- 20%) وذلك لانخفاض تركيز انزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH بعد أداء سباق 400 متر عدو.

هوانزيم يسمى (نازعة هيدروجين اللاكتات) وهو أنزيم يتواسط فى التفاعل الذي يحول اللاكتات إلى بيروفات و ATP وكذلك التفاعل المعاكس، ويدل ارتفاع التركيز على تلف بعض الأنسجة، ويوجد فى العديد من الخلايا وخاصة العضلية. (35 : 226)

ومستويات تركيز أنزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH في الدم تعطي مؤشرا جيدا عن درجة التأقلم الأيضي للعضلات الهيكلية للتدريب البدني (13) حيث تحتوي عضلات الرياضيين المدربين على نشاط عالى للانزيم التأكسدى بثلاث إلى أربع مرات، وزيادة الشعيرات الدموية بالألياف العضلية بنسبة ثلاثة أضعاف، ونسبة أكبر من الألياف العضلية عند مقارنتها بالعضلات غير المدربة (27) ويعتبر نشاط أنزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH للعدائين المدربين جيداً من المؤشرات الأفضل للتدريب والأداء البدني. (49)

ويتضح من جدول (7) أن تركيز حامض اللاكتيك جاء مرتفع أثناء الراحة لدى متسابقى الدرجة الأولى بنسبة 6.18% عن متسابقى تحت 20 سنة وأوضحت النتائج أن تركيز اللاكتيك يرتفع بزيادة المسافة حيث تدرج التركيز بزيادة (3.8، 42، 59.8، 5.8) لدى متسابقى الدرجة

الأولى، بينما متسابقى تحت 20 سنة تدرجت الزيادة (6.17، 47.3، 57، 7.5) وتصل الزيادة بعد سباق 400 متر بنسبة 7.78% لدى متسابقى الدرجة الأولى عن تحت 20 سنة.

وتوضح تلك النتائج الزيادة فى تركيز حامض اللاكتيك لدى متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة تبدو متقاربة وبالرغم من ذلك استطاع متسابقى الدرجة الأولى الاستفادة من حامض اللاكتيك المتراكم والعدو باستراتيجية مناسبة وقدرة الجسم على الاستفادة من نظم الطاقة الملائمة واستغلال الانزيمات المساعدة فى تحويل الطاقة لنشاط بدنى يتناسب مع متطلبات سباق 400 متر عدو.

ويرجع الباحثان أن الزيادة فى تركيز حامض اللاكتيك خلال مراحل السباق وعقب العدو 400 متر وخاصة لدى متسابقى الدرجة الأولى يرجع الى بذل العدائين مجهود اكبر ومتوسط سرعة أعلى وتحسن في تركيز مصادر الطاقة داخل العضلات مما جعل العداء يعتمد على نظام الطاقة اللاهوائي بصورة اكبر من النظام الهوائي وخاصة نظام الطاقة اللاكتيكي المعتمد على تكسير الجليكوجين بالعضلات في غياب الاكسجين.

وفى سباق 400 متر عدو خلال مرحلة تزايد السرعة تتم إعادة بناء معظم ATP من خلال استنفاذ فوسفات الكرياتين PC ويكون دور تحلل السكر صغير، وفى خلال المسافة بين 100-200 متر يتم تقليل مساهمة الفوسفات عالي الطاقة ويزداد دور تحلل السكر، وبعد مسافة 200 متر يلاحظ ظهور التعب وانخفاض سرعة الجري على الرغم من أن فوسفات الكرياتين PC لم ينضب ولم يكن تركيز اللاكتات عند المستوى الأقصى، وفي نهاية السباق تنفد مخازن فوسفات الكرياتين PC وتصل تركيز اللاكتات إلى الحد الأقصى. (28) حيث يزداد تركيز حمض اللاكتيك عقب العدو 300 متر ويكون عالي لدى المدربين جيدا عن الاقل تدريبا (36)

ويعتبر حمض اللاكتيك هو السبب الرئيسى لتعب العضلات الهيكلية (أي انخفاض قوة العضلات أو إنتاج الطاقة مما يؤدي إلى ضعف الأداء) (17) ومع حدوث التعب فإن العداء يكون غير قادر على إنتاج مستوى عال من القوة ولكن يكون قادر على تنظيم متغيرات الخطوة أى طول وتردد الخطوة (44) ولأن نظام اللاكتات يشكل مصدر الطاقة الرئيسي في سباق 400 متر (45) فان برامج التدريب تهدف لزيادة قدرة اللاكتيك اللاهوائية لإنتاج الطاقة بناءا على سرعة وزمن 400 متر. (53)

والعدو السريع يعتمد بشكل كبير على الطاقة الناتجة من التمثيل الغذائي اللاهوائي وفى بداية العدو لمدة 6 ثوانى فان المساهمة النسبية لنظم انتاج الطاقة من خلال ATP المخزن 6% والفسفوكرياتين المخزن 46% تحلل الجلوكوز اللاهوائى 40% والعمليات الهوائية 80% على التوالى (23) وتزداد المساهمة الهوائية لإعادة بناء وتركيب ATP مع زيادة زمن العدو بناءً على عجز الأكسجين المتراكم (20) وتركيز حامض اللاكتيك له أهمية فى تقويم البرامج التدريبية والتعرف على تأثيرتها على نظم إطلاق الطاقة الهوائية واللاهوائية (3 : 39) حيث يوجد ارتباط عالى بين متوسط سرعة عدو 400 متر مع تراكم حمض اللاكتيك خلال سباق 400 متر عدو (51)

وقياسات اللاكتات ونزع هيدروجين اللاكتات بواسطة انزيم LDH والتنفس الخلوى (عملية الفسفرة التأكسدية) التى ينتج من خلالها ATP من خلال عملية معقدة لا يمنع المدربين من قياس

واستخدام اللاكتات في الدم للتنبؤ بالأداء الرياضى (10) حيث يعتبر تحديد تركيز اللاكتات في الدم وتركيز انزيم LDH وأنزيم CPK لدى عدائى 400 متر قد تكون مؤشرات أفضل للتدريب والأداء البدني. (49)

ومما سبق نجد أن تراكم حامض اللاكتيك لدى المتسابقين بشكل متدرج خلال مراحل السباق مما يستدعى تنشيط وزيادة تركيزات انزيم LDH للمساهمة فى تحفيز انتاج الطاقة وأنزيم CPK للاستفادة من حامض اللاكتيك المتراكم وانتاج الطاقة وبذلك يتحقق صحة فرض البحث الثانى عن وجود تباين فى التغيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية بين متسابقى الدرجة الأولى وتحت 20 سنة خلال مراحل سباق 400 متر عدو

الاستنتاجات : فى ضوء أهداف البحث وعرض ومناقشة النتائج تم استنتاج ما يلى :

١- تميز متسابقى الدرجة الاولى عن تحت 20 سنة فى المستوى الرقمى بالرغم من العدو بنفس الاستراتيجية الزمنية لمراحل السباق وهى أفضل زمن خلال 100 متر الثانية يليها 100 متر الأولى ثم الثالثة ثم الرابعة فى سباق 400 متر عدو.
٢- أعتمد متسابقى الدرجة الأولى على استراتيجية الاقتصاد فى العدو من خلال التركيز على زيادة طول الخطوة والمحافظة على تردد وسرعة الخطوة من خلال زمن ارتكاز وطيران مناسب مع الدفع بسرعة أفقية ورأسية وزاوية ارتقاء مناسبة خلال مراحل سباق 400 متر عدو.
٣- أعتمد متسابقى تحت 20 سنة على استراتيجية العدو بالتركيز على تردد الخطوة حتى مسافة 300 متر الأولى مع زيادة زمن ارتكاز وتقليل زمن طيران الخطوة مما أدى الى انخفاض السرعة بشكل أكبر فى نهاية سباق 400 متر عدو.
٤- تميز متسابقى الدرجة الاولى عن تحت 20 سنة فى معدل النبض فى الراحة وخلال فترة الاستشفاء حيث ينخفض النبض بمعدل أفضل لمتسابقى الدرجة الأولى خلال الأربعة دقائق بعد سباق 400 متر عدو.
٥- تميز متسابقى الدرجة الاولى عن تحت 20 سنة بزيادة متدرجة فى تركيز انزيم كرياتين فوسفوكاينيز CPK فى الدم توضح الاستفادة من نظام الطاقة اللاهوائى بشكل مناسب خلال مراحل سباق 400 متر عدو.
٦- تميز متسابقى الدرجة الاولى عن تحت 20 سنة بزيادة متدرجة فى تركيز انزيم لاكتيك ديهيدروجينيز LDH فى الدم توضح الاستفادة من تراكم حامض اللاكتيك بشكل مناسب خلال مراحل سباق 400 متر عدو.
٧- تميز متسابقى الدرجة الاولى عن تحت 20 سنة بزيادة متدرجة فى تركيز وتراكم حامض اللاكتيك فى الدم والوصول لأعلى نسبة فى نهاية السباق والاستفادة من مصادر الطاقة المتدرجة خلال مراحل سباق 400 متر عدو.

التوصيات : فى ضوء ما أسفرت عنه النتائج يوصي الباحثان بما يلى :

١- الاسترشاد بنتائج البحث الحالى عند وضع برامج الاعداد والتدريب لعدائى سباق 400 متر بجمهورية مصر العربية .
٢- الاهتمام بتدريب متسابقى تحت 20 سنة على استراتيجية العدو التى يستخدمها متسابقى الدرجة الأولى فى سباق 400 متر عدو.
٣- الاهتمام بمقارنة أداء متسابقى الدرجة الأولى بمتسابقى المستوى العالمى والاستفادة من المتغيرات البيوميكانيكية والبيوكيميائية فى الارتقاء بمستوى متسابقى 400متر عدو.
٤- الاهتمام بوضع البرامج التدريبية فى ضوء المتغيرات الفسيولوجية ونظم الطاقة التى يتطلبها سباق 400 متر عدو.

المراجع :-

أولاً: المراجع العربية:

١- أحمد نصر مراجى (2016) تأثير برنامج تدريبي بدلالة المؤشرات التمييزية على الاداء المهاري والمستوى الرقمي لمتسابقي 400 م عدو، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية الرياضية للبنين، جامعة الاسكندرية.
٢- بسطويسى أحمد (2004) أسس ونظريات التدريب الرياضى ، الطبعة الثالثة ، دار الفكر العربى ، القاهرة.
٣- بهاء الدين إبراهيم سلامة (2000) فسيولوجيا الرياضة والاداء البدنى (لاكتات الدم) ، دار الفكر العربى ، القاهرة.
٤- جمال محمد علاء الدين، ناهد أنور الصباغ (2007) الأسس المترولوجية لتقويم مستوى الأداء البدنى والمهارى والخططى للرياضيين، منشأة المعارف، الاسكندرية.
٥- عزمى فيصل أحمد (2002) فاعلية تمرينات الخطو للارتقاء بمستوى نظامى الطاقة الهوائى واللاهوائى للمرحلة السنية "13- 15" سنة ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية التربية الرياضية جامعة الأسكندرية
٦- هزاع بن محمد الهزاع (2009) فسيولوجيا الجهد البدنى (الاسس النظرية والاجراءات المعملية للقياسات الفسيولوجية) ، النشر العلمى والمطابع ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

7- Arampatzis, A., Brüggemann, G. P., & Metzler, V. (1999) The effect of speed on leg stiffness and joint kinetics in human running. Journal of biomechanics, 32(12), 1349-1353.
8- Aubert, A. E., Beckers, F., & Ramaekers, D. (2001) Short-term heart rate variability in young athletes. Journal of cardiology, 37, 85.
9- Baird, M. F., Graham, S. M., Baker, J. S., & Bickerstaff, G. F. (2012) Creatine-kinase-and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. Journal of nutrition and metabolism, 2012.
10- Billat, L. V. (1996) Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Sports medicine, 22(3), 157-175.

11- Bodner, M. E., & Rhodes, E. C. (2000) A review of the concept of the heart rate deflection point. Sports Medicine, 30(1), 31-46.
12- Bosco, C., TIHANYI, J., Atteri, F. L., Fekete, G., Apor, P., & Rusko, H. (1986) The effect of fatigue on store and re-use of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscle. Acta physiologica scandinavica, 128(1), 109-117.
13- Brancaccio, P., Limongelli, F. M., & Maffulli, N. (2006) Monitoring of serum enzymes in sport. British journal of sports medicine, 40(2), 96-97.
14- Brancaccio, P., Maffulli, N., & Limongelli, F. M. (2007) Creatine kinase monitoring in sport medicine. British medical bulletin, 81(1), 209-230.
15- Bruno Gajer, Christine Hanon, Chantalle Thepaut-Mathieu (2007) Velocity and stride parameters in the 400 Metres , IAAF New Studies in Athletics, 22:3; 39-46.
16- Buttelli, O., Seck, D., Vandewalle, H., Jouanin, J. C., & Monod, H. (1996) Effect of fatigue on maximal velocity and maximal torque during short exhausting cycling, European journal of applied physiology and occupational physiology, 73(1-2), 175-179.
17- Cairns SP (2006) Lactic acid and exercise performance—culprit or friend? Sports Med 36(4):279–291
18- Cathy Fieseler (2010) What Runners Need to Know about Their Blood Test Results, October 13, https://www.runnersworld.com/advanced/a20822460/blood-test-results-for-runners/
19- Collier, C. (2002) Foundational concepts of sprinting: spatial and movement perspectives. Track Coach, 159(Spring), 5071-5077.
20- Duffield R, Dawson B, Goodman C (2005) Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. J Sports Sci 23(3):299–307.
21- Farley, C. T., & Gonzalez, O. (1996) Leg stiffness and stride frequency in human running. Journal of biomechanics, 29(2), 181-186.
22- Ferber, R., Davis, I. M., Hamill, J., Pollard, C. D., & McKeown, K. A. (2002). Kinetic variables in subjects with previous lower extremity stress fractures. Medicine & Science in Sports & Exercise, 34(5), S5.
23- Girard O, Mendez-Villanueva A, Bishop D (2011) Repeated-sprint ability—part I: factors contributing to fatigue. Sports Med 41(8):673–694.
24- Graubner, R., & Nixdorf, E. (2011). Biomechanical analysis of the sprint and hurdles events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. New studies in athletics, 26(1/2), 19-53.
25- Hanon, C., & Gajer, B. (2009) Velocity and stride parameters of world-class 400-meter athletes compared with less experienced runners. The Journal of Strength & Conditioning Research, 23(2), 524-531.
26- He, J. P., Kram, R., & McMahon, T. A. (1991) Mechanics of running under simulated low gravity. Journal of Applied Physiology, 71(3), 863-870.
27- Henriksson, J. (1992) Effects of physical training on the metabolism of skeletal muscle. Diabetes care, 15(11), 1701-1711.
28- Hirvonen, J and Nummela, A. (1992) Fatigue and changes of ATP, créatine phosphate and lactate during 400m sprint. Can J Sport Sci 17: 141-144.
29- Hobara, H., Inoue, K., Gomi, K., Sakamoto, M., Muraoka, T., Iso, S., & Kanosue, K. (2010). Continuous change in spring-mass characteristics during a 400 m sprint. Journal of Science and Medicine in Sport, 13(2), 256-261.

30- Hopper C. Fisher B. Munozk D (1997) Health Related Fitness Grades 3 And 4, Human Kinetics, U.S.A.
31- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2004) Interaction of step length and step rate during sprint running. Medicine & Science in Sports & Exercise, 36(2), 261-271.
32- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2005) Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. Journal of applied biomechanics, 21(1), 31-43.
33- Jürgen Schiffer (2008) The 400 metres, IAAF New Studies in Athletics, 23:2; 7-13.
34- Kayaya, A. (1990) Levelling-off of Calf Blood Flow and its Relationship to during Walking and Running, and its Relationship to Anaerobic Threshold. The Annals of physiological anthropology, 9(2), 219-224.
35- Kent, M., & Rost, K. (Eds.) (1998) Wörterbuch Sportwissenschaft und Sportmedizin, Limpert.
36- Klapcinska, B., Iskra, J., Poprzecki, S., & Grzesiok, K. (2001) The effects of spring (300 m) running on plasma lactate, uric acid, creatine kinase and lactate dehydrogenase in competitive hurdlers and untrained men. Journal of sports medicine and physical fitness, 41(3), 306.
37- Kushmerick, M. J., Meyer, R. A., & Brown, T. R. (1992) Regulation of oxygen consumption in fast-and slow-twitch muscle. American Journal of Physiology-Cell Physiology, 263(3), C598-C606.
38- Lacour, JR, Bouvat, E, and Barthelemy, JC. (1990) Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. Eur J Appl Physiol, 61: 172-176.
39- Latham, J., Campbell, D., & Nichols, W. (2008) How much can exercise raise creatine kinase level—and does it matter? Clinical Inquiries, (MU).
40- Mc Ardle W. D. , Katch F. I. , Katch V. L. (2000) Lactate producing capacity In "Essentials of Exercise physiology, Lippincott Williams and Williams, USA.
41- McArdle, WD., Katch, FI., & Katch, VL. (2010) Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance. Lippincott Williams & Wilkins.
42- Mero, A., Komi, P. V., & Gregor, R. J. (1992) Biomechanics of sprint running. Sports medicine, 13(6), 376-392.
43- Milan Coh, Alex Dolenec, Bojan JoSt (2003) Kinematic, Kinetic and Electromyographic Characteristics of the Sprinting Stride of Top Female Sprinters, Faculty of Sport, University of Ljubljana, Slovenia
44- Morin JB, Edouard P, Samozino P (2011) Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. Med Sci Sports Exerc (Epub ahead of print)
45- Mougios, V. (2006) Exercise Biochemistry, Champaign, IL: Human Kinetics.
46- Nummela, A., Rusko, H. Mero, A (1994) EMG activities and ground reaction forces during fatigued and non-fatigued sprinting. Medicine and science in sports and exercise, 26(5), 605-609.
47- Nummela, A., Vuorimaa, T., & Rusko, H. (1992). Changes in force production, blood lactate and EMG activity in the 400-m sprint. Journal of sports sciences, 10(3), 217-228.
48- Ogata, M., Fukushima, H., Ohyama, K., Yasui, T., & Sekioka, Y. (1998) Relationship between sprint ability under the condition of muscular

fatigue, and physical fitness factors. Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 47(5), 535-542.
49- Ohkuwa, T., Saito, M., & Miyamura, M. (1984). Plasma LDH and CK activities after 400 m sprinting by well-trained sprint runners. European journal of applied physiology and occupational physiology, 52(3), 296-299.
50- Paulo Jorge & Victor Manuel (2004) Speed strength endurance and 400m performance, IAAF New Studies in Athletics, 19:4; 39-45,
51- Reis, V. M., Duarte, J. A., Espírito-Santo, J., & Russell, A. P. (2004). Determination of accumulated oxygen deficit during a 400m run. J Exerc Physiol, 7(2).
52- Richmond, J. (2011) Modelling a Sub-10 Second 100m Sprinter Using Newton's Equations of Motion. New Studies in Athletics, 11(2), 69-75.
53- Saraslanidis, P. J., Manetzis, C. G., Tsalis, G. A., Zafeiridis, A. S., Mougios, V. G., & Kellis, S. E. (2009) Biochemical evaluation of running workouts used in training for the 400-m sprint, The Journal of Strength & Conditioning Research, 23(8), 2266-2271.
54- Saraslanidis, P. J., Panoutsakopoulos, V., Tsalis, G. A., & Kyprianou, E. (2011) The effect of different first 200-m pacing strategies on blood lactate and biomechanical parameters of the 400-m sprint. European journal of applied physiology, 111(8), 1579-1590.
55- Wallimann, T., Wyss, M., Brdiczka, D., Nicolay, K., & Eppenberger, H. M. (1992) Intracellular compartmentation, structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands: the 'phosphocreatine circuit'for cellular energy homeostasis. Biochemical Journal, 281(1), 21-40.
56- Wiemann K, Tidow G. (1995) Relative activity of hip and knee extensors in sprinting – implications for training, New Studies in Athletics, 10:29-49.
57- William Black (1988) Training for the 400m, Track Coach #102 (winter).
58- Williams, K. R., Snow, R., & Agruss, C. (1991) Changes in distance running kinematics with fatigue. Journal of Applied Biomechanics, 7(2), 138-162.